سلسلة ليديبرد «الانجازات الحضارية»

قصّة الفِلزّات



لَقَدْ كانَ الذَّهَبُ والنُّحاسُ الفِلزَّيْنِ الوَحيدَيْنِ اللَّذَيْنِ عرفَهُما الإنْسانُ قَبْلَ سَبْعَةِ آلافِ سَنَةٍ. أَمَّا اليَوْمَ، فَيَبْلُغُ عَدَدُ الفِلِزَّاتِ الأَساسِيَّةِ المَعْرُوفَةِ لَدَيْهِ، ما يَزِيدُ عَلَى السَّبْعينَ فِلِزًّا بالإِضافَةِ إِلَى السَّبائِكِ المَصْنُوعَةِ مِنْ فِلِزَّيْنِ أَساسِيَّيْنِ أَوْ أَكْثَرَ، والَّتي تُسْتَخْدَمُ لِأَغْراضٍ مُعَيَّنَةٍ.

وفي هٰذا الكِتابِ قِصَّةُ اكْتِشافِ الإِنْسانِ الرَّائِعَةُ لِهٰذِهِ الفِلِزَّاتِ، وكَيْفِيَّةِ اسْتِعْمالِها وأَثَرِها في حَياتِهِ.

طُبِع في انكلترا © الطبعة الأولى ١٩٧٥

دَليلُ الكِتاب

صفحة



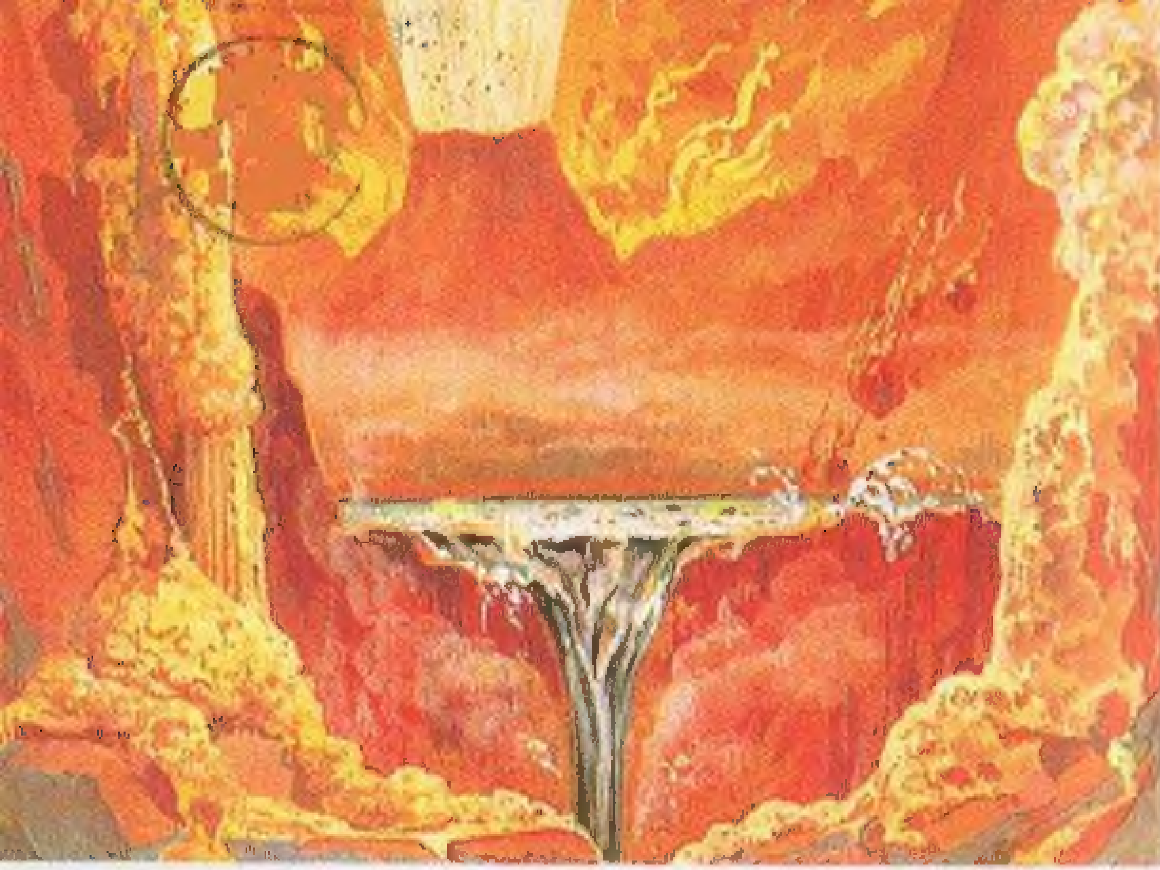
قِصّة الفِلِزّات

تأليف :
لِسْلي إيتشِسُون
نقلها الى العربية :
جبرائيل كتّاب
وَضع الرُسُوم :
مارتن إيتشِسُون



الناشرون :

مكتبة لبنان — بيروت
ليديبرد بُوك ليمتد — لافبُورو
لونغمان — هارلو





في البدء

تقومُ الحضارةُ الحديثةُ على الفِلِزّاتِ . فملايينُ الأطنانِ منها تُستخرجُ سنويًا من باطنِ قشرةِ الأرضِ ، فكيفَ وصلتْ هذهِ الفلزّاتُ إلى هُناكَ في بادئِ الأمرِ ؟

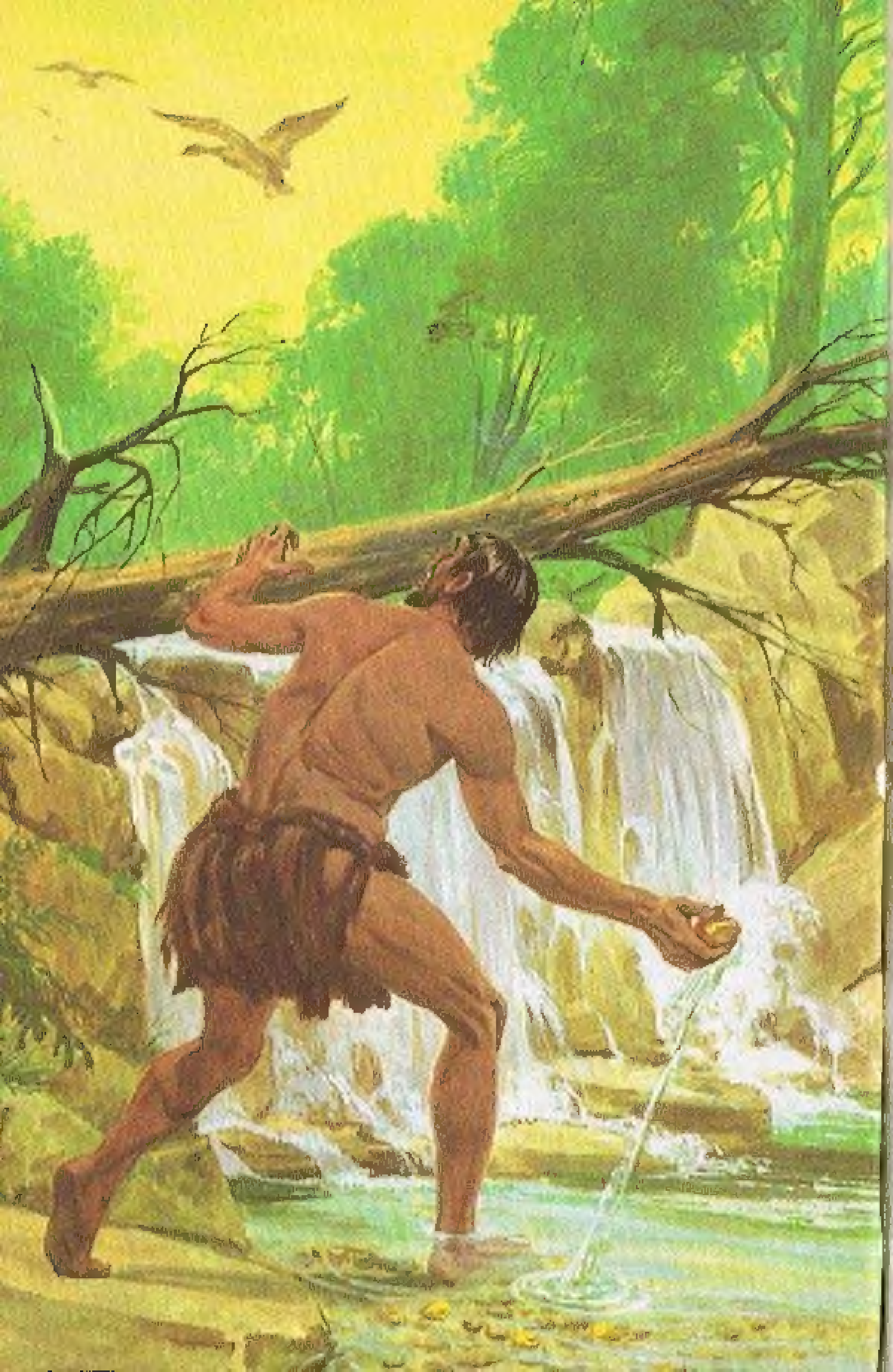
لقدْ كانتِ الأرضُ قبلَ ملايينِ السنينَ أكثرَ حرارةً منها اليومَ . وعندما أخذتْ تبردُ ، تكوّنتْ حولَها طبقةٌ خارجيةٌ منَ الصُّخورِ الصُّلبةِ ، هيَ القشرةُ الأرضيّةُ . ولكنَّ الحرارةَ تحتَ هذهِ القشرةِ بقيتْ عاليةً جدًّا ، ولِذا بقيتِ الصُّخورُ والفلزّاتُ تحتَها سائلةً . وبفعلِ ثقلِها هبطتِ المَوادُّ الثقيلةُ إلى باطنِ الأرضِ ، حيثُ لا تزالُ الحرارةُ حتّى اليومِ أشبهَ بجحيمٍ منَ الفلزّاتِ المُلتهبةِ على درجةِ حرارةٍ تُعادلُ حرارةَ الأفرانِ ، وتحتَ ضغطٍ هائلٍ . وتُقدّرُ درجةُ الحرارةِ هذهِ بنحوِ ٦٠٠٠°م والضَّغطُ بنحوِ ٢٠٠٠٠ طنٍّ للبوصةِ المُربّعةِ (أيْ ما يُساوي مليونَ طنٍّ على مساحةٍ تُساوي مِساحةَ هذا الكِتابِ مفتوحًا) .

وبفعلِ الهزّاتِ الأرضيّةِ والبراكينِ ، تدفّقتْ كمّيّاتٌ كبيرةٌ منْ هذهِ الفلزّاتِ السّائلةِ إلى سطحِ الأرضِ فاحتُبِستْ في التّجاويفِ الأرضيّةِ أو انتشرتْ فوقَ القشرةِ ، حيثُ بردتْ وتصلّبتْ . وقدِ اتّحدتْ مُعظمُ هذهِ الفلزّاتِ معَ الصُّخورِ عندما كانتْ سائلةً ، فتكوّنتْ بذلكَ الخاماتُ الفلزّيّةُ المعروفةُ ، ولكنَّ بعضَها لمْ يتّحدْ معَ الصُّخورِ ، فبقيتْ حُرّةً ، ولِذا عُرِفتْ بالفلزّاتِ الحُرّةِ ، ونجدُ خاماتِها إمّا على سطحِ الأرضِ أوْ بينَ شُقوقِها وعُروقِها . ثُمَّ أخذتْ مياهُ الأرضِ الّتي كوّنتِ المُحيطاتِ أخيرًا تبردُ ، فجلبتْ بذلكَ قرونًا منَ الأمطارِ الغزيرةِ ، وهذهِ بدورِها تحوّلتْ بُخارًا عندَ سقوطِها فوقَ الصُّخورِ السّاخنةِ ثُمَّ إلى غيومٍ ، لِتتساقطَ مرّةً بعدَ الأُخرى . وقدْ عملتْ هذهِ الأمطارُ المُتساقطةُ على تآكُلِ الصُّخورِ المُتساقطةِ عليها وتفتيتِها . فكشفتْ عنِ العُروقِ الفلزّيّةِ في بعضِ الأمكنةِ بينما طمرتْ غيرَها بأطنانٍ منَ التُّربةِ في أماكنَ أُخرى .

واستقرَّ أخيرًا العالمُ تدريجيًّا على الشّكلِ والمُناخِ اللّذينِ نعرفُهما اليومَ ، وبقيتْ هذهِ الفلزّاتُ تنتظرُ قُدومَ الإنسانِ ليكتشفَها ويستعملَها .

(فوق) الفلزّاتُ والصُّخورُ السّائلةُ تنصبُّ معًا في شُقوقِ الأرضِ

(تحت) تعملُ الأمطارُ الغزيرةُ على مدى القرونِ على تفتيتِ الصُّخورِ ، والكشفِ عنْ عُروقِ الفلزّاتِ



صُنّاعُ الفِلِزّاتِ الأَوَّلونَ

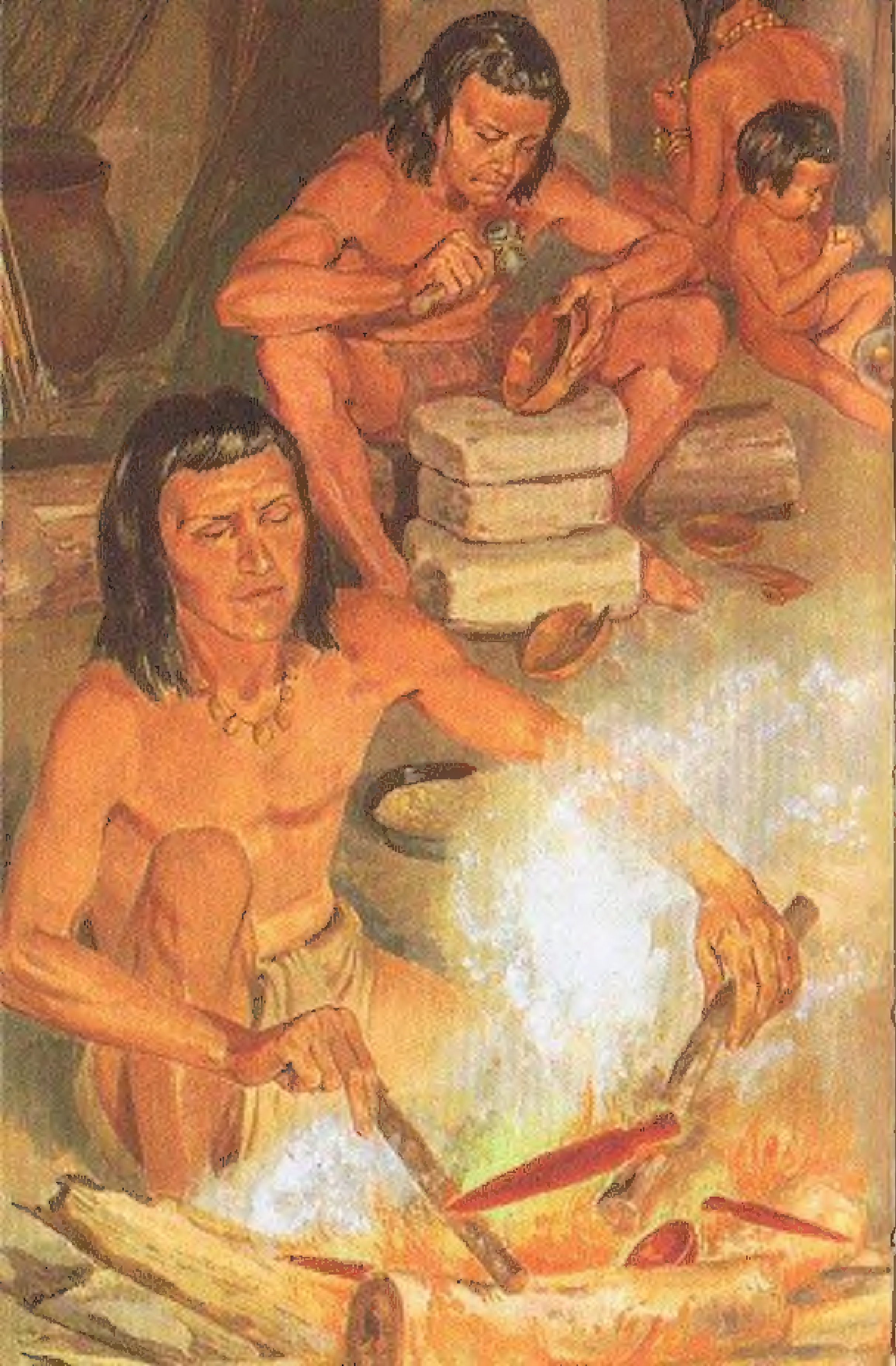
لَقَدْ مَرَّتْ مَلايينُ السِّنينَ عَلَى تَكَوُّنِ الأَرْضِ قَبْلَ قُدومِ الإِنسانِ. ورُبَّما كانَ الذَّهَبُ والنُّحاسُ أَوَّلَ فِلِزَّيْنِ صادَفَهُما الإِنْسانُ الأَوَّلُ. فَقَدْ كانَ بِإِمْكانِهِ مَثَلًا أَنْ يَلْتَقِطَ كُتَلًا مِنْ هٰذَيْنِ الفِلِزَّيْنِ الأَصْفَرَيْنِ إِلَى حُمْرَةٍ مِنْ قَعْرِ الجَداوِلِ، حَيْثُ جَرَفَتْها المِياهُ، وفَصَلَتْها عَنِ التُّرْبَةِ والمَوادِّ الصُّلْبَةِ العالِقَةِ بِها. وكانَتْ هٰذِهِ الكُتَلُ الفِلِزِّيَّةُ بِالنِّسْبَةِ إِلَى الإِنْسانِ الأَوَّلِ حِجارَةً عادِيَّةً كَسَبُواها مِنَ الحَصَى والصُّخورِ. ورُبَّما كانَ اسْتِعْمالُهُ الوَحيدُ لِكُتْلَةٍ مِنَ الذَّهَبِ أَنْ يَقْذِفَ بِها طَيْرًا أَمَلًا في الحُصُولِ عَلَى وَجْبَةٍ مِنَ الطَّعامِ.

وعِنْدَما نَما ذَكاؤُهُ بَعْدَئِذٍ، أَخَذَ يُجَرِّبُ هٰذَيْنِ الفِلِزَّيْنِ، فاكْتَشَفَ أَنَّ لِلذَّهَبِ والنُّحاسِ خَصائِصَ تَخْتَلِفُ تَمامًا عَنْ خَصائِصِ حَجَرِ الصَّوّانِ، الَّذي كانَ قَدْ بَرَعَ في تَشْكيلِهِ وتَهْذيبِهِ. فَإِذا ما طُرِقَ الصَّوّانُ تَكَسَّرَ أَوِ انْشَقَّ. أَمّا الفِلِزّاتُ فَإِنَّها إِذا طُرِقَتْ انْتَقَرَتْ أَوْ تَبَدَّلَ شَكْلُها. وهٰذا يُعْرَفُ بِقابِلِيَّةِ الطَّرْقِ.

والذَّهَبُ أَكْثَرُ لُيونَةً مِنَ النُّحاسِ وأَقَلُّ صَلابَةً، لِذا يَسْهُلُ طَرْقُهُ وصِياغَتُهُ. فَسِكّينٌ مِنَ الذَّهَبِ قَدْ تَبْدو جَميلَةً، ولٰكِنَّها لَنْ تَصْلُحَ لِسَلْخِ جِلْدِ دُبٍّ مَثَلًا، لِذا أَصْبَحَ الذَّهَبُ مِنْ قَديمِ الزَّمانِ فِلِزَّ الزِّينَةِ. أَمّا النُّحاسُ فَأَكْثَرُ صَلابَةً؛ لِذا كانَ أَصْعَبَ لِلإِنْسانِ الأَوَّلِ أَنْ يُشَكِّلَهُ، ولٰكِنَّ الأَداةَ المَصْنوعَةَ مِنْهُ كانَتْ أَكْثَرَ مَتانَةً.

وقَدْ وَجَدَ عُلَماءُ الآثارِ أَدِلَّةً عَلَى أَشْغالٍ فِلِزِّيَّةٍ تَعودُ إِلَى نَحْوِ ١٠٠٠٠ سَنَةٍ قَبْلَ المِيلادِ. وقَدْ تَمَّتْ هٰذِهِ الاكْتِشافاتُ في مِنْطَقَةِ الشَّرْقِ الأَوْسَطِ، حَيْثُ كانَتْ تَكْثُرُ خاماتُ النُّحاسِ. ولا يَدُلُّ ذٰلِكَ عَلَى أَنَّ اكْتِشافَ هٰذا الفِلِزِّ كانَ سَهْلًا، بَلْ يَدُلُّ عَلَى وُجودِ تَرَسُّباتٍ مِنْهُ في الشَّرْقِ الأَوْسَطِ أَكْثَرَ مِنْها في الأَجْزاءِ الأُخْرَى المَسْكونَةِ مِنَ العالَمِ.

إِنْسانُ العَصْرِ الحَجَرِيِّ يَقْذِفُ بِكُتْلَةٍ مِنَ الذَّهَبِ



فِعْلُ الحَرارَةِ في النُّحاسِ

لَقَدْ وَجَدَ الإِنْسانُ القَديمُ أَنَّ الذَّهَبَ يُمْكِنُ طَرْقُهُ إِلى دَرَجَةٍ لا مُتَناهِيَةٍ تَقْريبًا لِلْحُصولِ عَلَى الشَّكْلِ المَطْلوبِ . أَمَّا النُّحاسُ فَيَخْتَلِفُ تَمامًا ، فَإِذا ما طُرِقَ ازْدادَ قَساوَةً وَصَلابَةً تَدْريجيًا حَتّى يَتَشَقَّقَ . ولا شَكَّ في أَنَّ صُنّاعَ الفِلِزّاتِ الأَوَّلينَ قَدْ تَعَلَّموا بِالخِبْرَةِ المَريرَةِ كَمْ يُمْكِنُهُمْ أَنْ يُبَدِّلوا مِنْ شَكْلِ قِطْعَةٍ مِنَ النُّحاسِ دُونَ أَنْ تَتَكَسَّرَ أَوْ تَغْدُوَ الأَداةُ المَصْنوعَةُ مِنْها قَصِفَةً عَديمَةَ الفائِدَةِ . ولا شَكَّ في أَنَّهُ كانَ لَدَيْهِمُ الوَقْتُ الكافي لِيَكْتَسِبوا الخِبْرَةَ ، ويُتْقِنوا هٰذِهِ الحِرْفَةَ البَسيطَةَ . فَقَدْ مَرَّتْ قُرونٌ عَديدَةٌ قَبْلَ أَنْ يَكْتَشِفَ الإِنْسانُ كَيْفَ يَتَغَلَّبُ عَلَى هٰذِهِ المُشْكِلَةِ .

وفي وَقْتٍ ما في الفَتْرَةِ بَيْنَ سَنَتَيْ ٩٠٠٠ و ٤٥٠٠ قَبْلَ الميلادِ ، اكْتُشِفَ أَنَّ النُّحاسَ إِذا سُخِّنَ بَعْدَ طَرْقِهِ قَليلًا ثُمَّ بَرَدَ ، يُمْكِنُ بَعْدَئِذٍ طَرْقُهُ دُونَ خَطَرِ التَّشَقُّقِ . فَإِذا ما سُخِّنَ النُّحاسُ في فَتَراتٍ خِلالَ طَرْقِهِ يُمْكِنُ عِنْدَئِذٍ إِنْتاجُ أَدَواتٍ أَكْثَرَ إِتْقانًا وَدِقَّةً .

ويُعْتَبَرُ اكْتِشافُ فائِدَةِ فِعْلِ الحَرارَةِ في الفِلِزّاتِ الخُطْوَةَ الأُولى في عِلْمِ المَعادِنِ . وتُعْرَفُ هٰذِهِ العَمَلِيَّةُ بِالتَّلْدينِ . فالحَرارَةُ تُزيلُ أَثَرَ الاجْهاداتِ والانْفِعالاتِ الدّاخِلِيَّةِ في الفِلِزِّ النّاتِجَةِ مِنَ الطَّرْقِ .

ولَيْسَ مَعْروفًا كَيْفَ تَمَّ هٰذا الاكْتِشافُ فَرُبَّما رُمِيَتْ قِطْعَةٌ مِنَ النُّحاسِ القَصِفِ في النّارِ ، ثُمَّ تَبَيَّنَ بَعْدَ ذٰلِكَ أَنَّها أَصْبَحَتْ لَيِّنَةً .



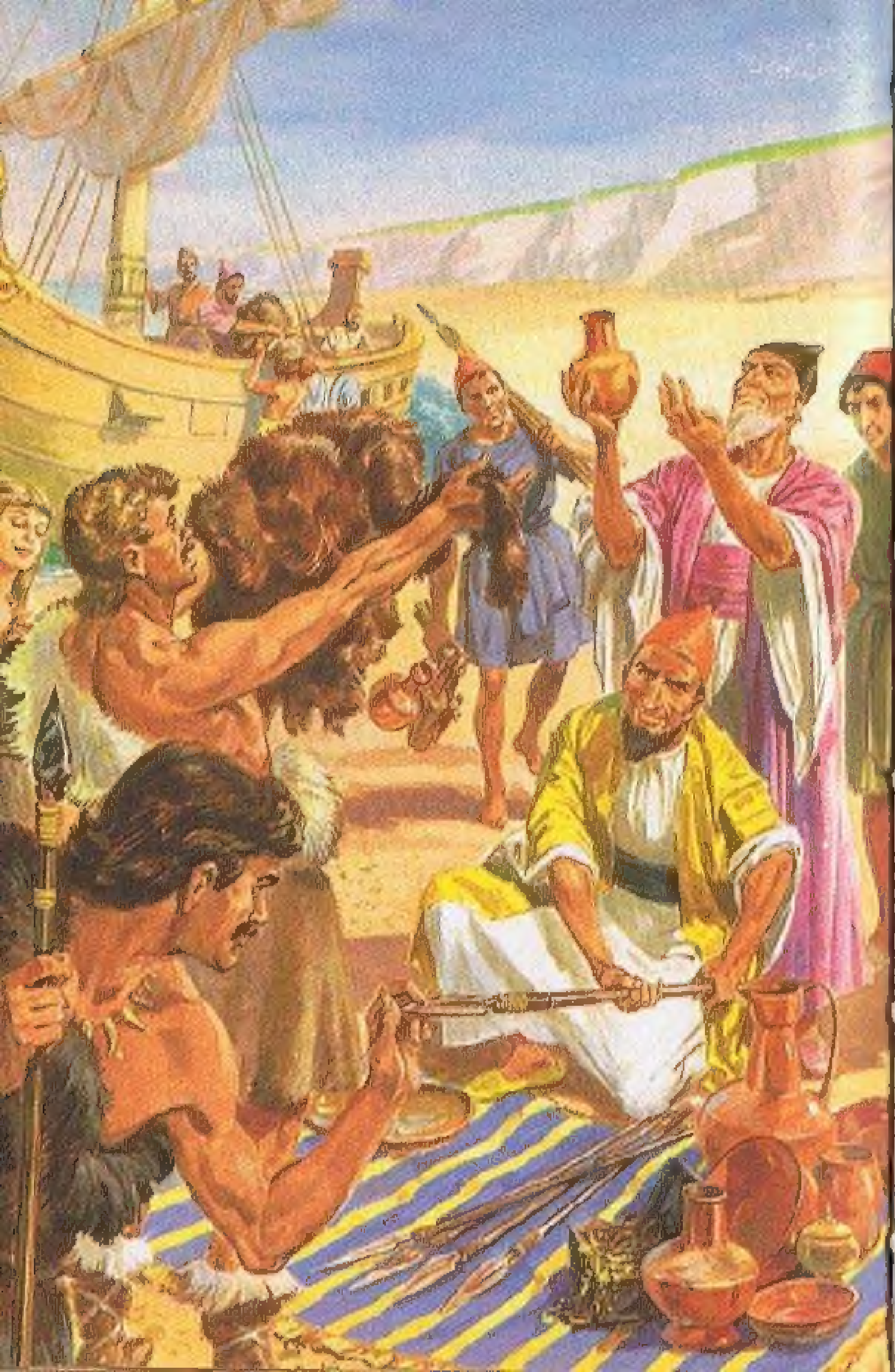
استخراجُ النُّحاس مِنْ خاماتِهِ

لَمْ يَتِمَّ أيُّ تَقَدُّمٍ أكْثَرَ في عَمَلِيَّةِ استِخراجِ النُّحاسِ حَتّى سَنَةِ ٤٣٠٠ قَبْلَ الميلادِ ، حِينَ حَدَثَ اكْتِشافٌ هامٌّ وهُوَ أنَّ بالإمْكانِ استِخراجَ النُّحاسِ مِنْ خاماتِهِ الّتي اتَّحَدَ بِها عِنْدَما بَرَدَتِ الأرْضُ . فإذا ما سُخِّنَ هٰذا الخامُ إلى دَرَجَةٍ عالِيَةٍ جِدًّا ، يَنْحَلُّ المُرَكَّبُ المُكَوَّنُ مِنَ الفِلِزِّ والصُّخُورِ ، ويُصْبِحُ الفِلِزُّ حُرًّا . وهٰكذا تَوَفَّرَتْ كَمِّيّاتٌ كَبيرَةٌ مِنَ النُّحاسِ ، فَلَمْ يَعُدِ الحُصُولُ عَلَيْهِ قاصِرًا عَلَى المَناطِقِ الّتي يُوجَدُ فيها حُرًّا مُنْتَشِرًا فَوْقَ سَطْحِ الأرْضِ .

وكَما يَحْدُثُ في كَثيرٍ مِنَ الاكْتِشافاتِ العِلْمِيَّةِ ، قَدْ يَكُونُ هٰذا الاكْتِشافُ تَمَّ عَرَضًا عَلى يَدِ أُناسٍ يَعْمَلُونَ في مَيادِينَ مُخْتَلِفَةٍ تَمامًا . ويُظَنُّ أنَّهُمْ في هٰذِهِ الحالَةِ كانُوا يَشْوُونَ الفَخّارَ . ولَمْ تَكُنْ دَرَجَةُ الحَرارَةِ في أحْسَنِ أتُونٍ في ذٰلِكَ الوَقْتِ تَزيدُ عَنْ ١٢٠٠°م . ويَتَّضِحُ ذٰلِكَ مِنْ دِراسَتِنا لِبَقايا فَخّارِ ذٰلِكَ العَصْرِ . ويُحْتَمَلُ أنَّ بَعْضَ الصُّخُورِ الفِلِزِّيَّةِ وَجَدَتْ طَريقَها إلى الأتُونِ أوْ أنَّ الأتُونَ قَدْ بُنِيَ مِنْ هٰذِهِ الصُّخُورِ ، وعِنْدَما تَمَّ شَيُّ الفَخّارِ وبَرَدَ الأتُونُ وفُتِحَ ، لَمْ يَجِدِ الفَخّارِيُّ قِطَعًا فَخّارِيَّةً مَشْوِيَّةً فَحَسْبُ ، بَلْ وَجَدَ أيْضًا تَجَمُّعاتٍ مِنَ النُّحاسِ عَلى شَكْلِ بِرَكٍ صَغيرَةٍ مُتَصَلِّبَةٍ ، ورُبَّما حَدَثَ ذٰلِكَ عِدَّةَ مَرّاتٍ قَبْلَ أنْ يُدْرِكَ أحَدٌ أهَمِّيَّةَ ذٰلِكَ . وهٰكذا عُرِفَ أخيرًا أنَّ الفِلِزّاتِ يُمْكِنُ استِخْراجُها مِنْ خاماتِها بِفِعْلِ الحَرارَةِ العالِيَةِ . وتُعْرَفُ هٰذِهِ الطَّريقَةُ بِعَمَلِيَّةِ الصَّهْرِ .

وقَدْ تَكُونُ مَصادِرُ أُخْرى لِلْحَرارَةِ العالِيَةِ أدَّتْ إلى هٰذا الاكْتِشافِ ، ولٰكِنَّ أتُونَ الفَخّارِيِّ أكْثَرُها احْتِمالًا .

يَفْتَحُ الفَخّارِيُّ أتُونَهُ فَيَجِدُ بِرْكَةً مِنَ النُّحاسِ المُتَجَمِّعِ



فلزان آخران – الفضة والرصاص

لقد تم اكتشاف طريقة الصهر لاستخراج الفلزات من خاماتها في منطقة بحر قزوين ، فحلت الأفران البسيطة محل أتون الفخاري لاستخراج النحاس من خاماته . وكان ينظر إلى أولئك الرجال الذين ينتجون الفلز اللامع من الصخور الكامدة كأنهم يأتون بالسحر .

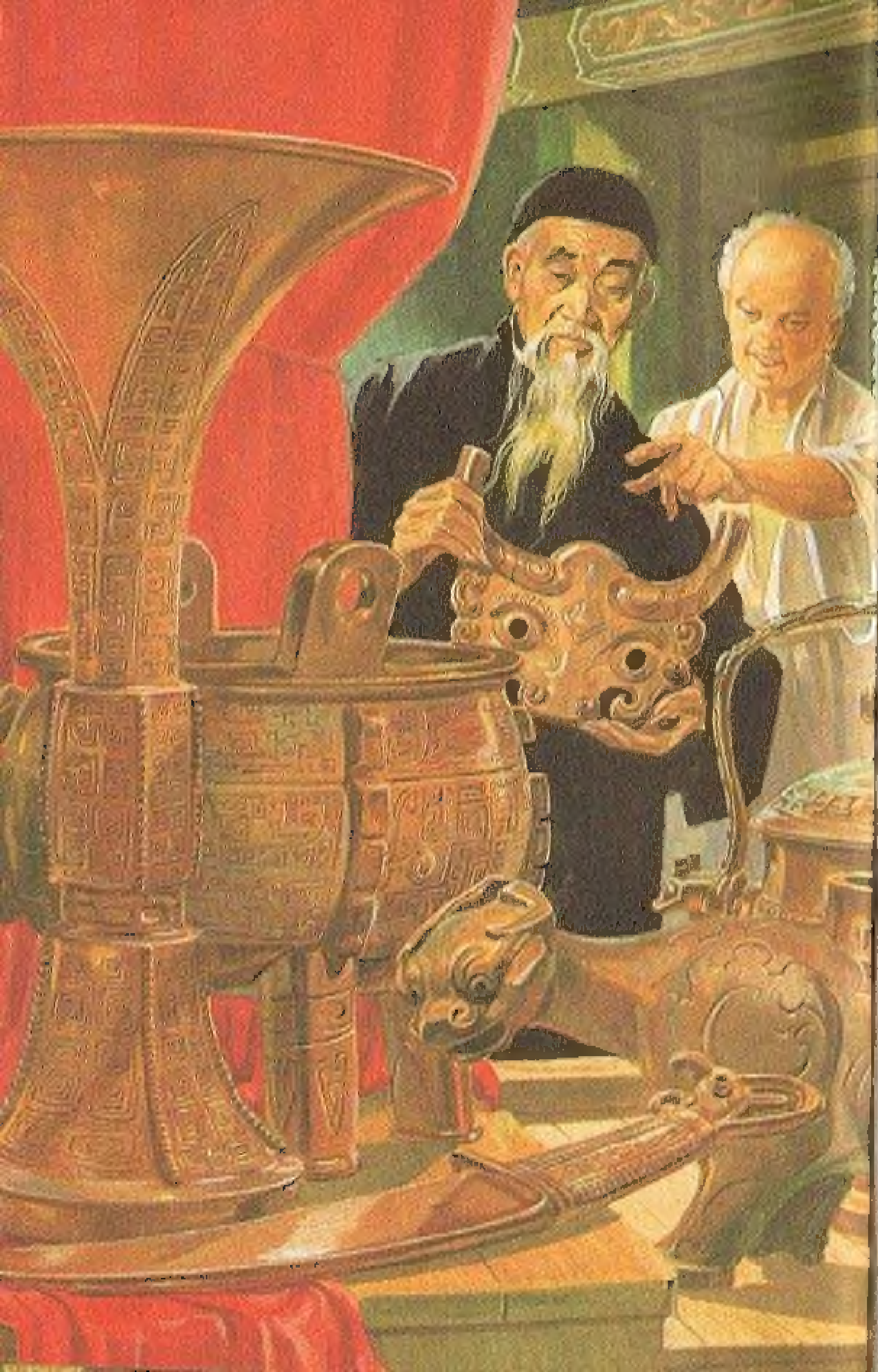
ثم أخذت قوافل التجار تنقل النحاس إلى البلدان الأخرى من آسيا الغربية حتى مصر ، حيث وجدت أدوات نحاسية مصنوعة قبل بناء الأهرام الكبرى بزمن طويل .

ونحو سنة ٤٠٠٠ قبل الميلاد بدأ استعمال فلزين جديدين ، هما الفضة وكانت كما هي اليوم تقدر لجمالها فاستعملت في الزينة والحلي . وقد وجدت أحيانا حرة منتشرة على سطح الأرض كالذهب ، ولكنها كانت في الغالب تستخرج من خاماتها بالصهر . أما الفلز الثاني فكان الرصاص ، وهو فلز كامد اللون ثقيل الوزن ، لين يسهل صنع الأقداح والكؤوس منه ، وهو لا يوجد حرا أبدا ، بل يحضر دائما بصهر خاماته .

وقد انتشرت خلال الألف سنة التالية المعرفة عن الفلزات الأربعة ، التي كانت معروفة حتى ذلك الوقت – وهي الذهب والنحاس والفضة والرصاص – إلى البلاد الأخرى . وكانت مدينة « طروادة » القريبة من الدردنيل ، المركز الرئيسي للتجارة ، وكانت تنقل البضاعة منها بالقوارب إلى أوروبا . وقد كان نهر الدانوب طريق القوافل الموصل إلى داخل القارة . وقد نقلت هذه القوارب التجارية أيضا المنتجات الفلزية إلى جميع البلدان حول البحر الأبيض المتوسط . ووصلت أخيرا إلى بريطانيا ، حيث أصبح صهر الفلزات وتصنيعها معروفين فيها .

وقد استعملت طريقة الصب في تشكيل الفلزات منذ الأيام الأولى لمعرفتها . فكانت تصنع قوالب من الصلصال بالشكل المطلوب ، ثم يصب فيها الفلز المصهور ، وبعد أن يبرد ويجمد يفصل القالب عنه . وهكذا أصبح ممكنا صنع أشياء مثل رؤوس الأسهم وغيرها بسرعة ، ولم تكن تحتاج بعدئذ إلا إلى قليل من الطرق والتجليخ لتكون جاهزة .

تجار من طروادة يأتون بسلعهم الفلزية إلى بريطانيا



أهمّيّةُ القصديرِ وإنتاجُ البرونز

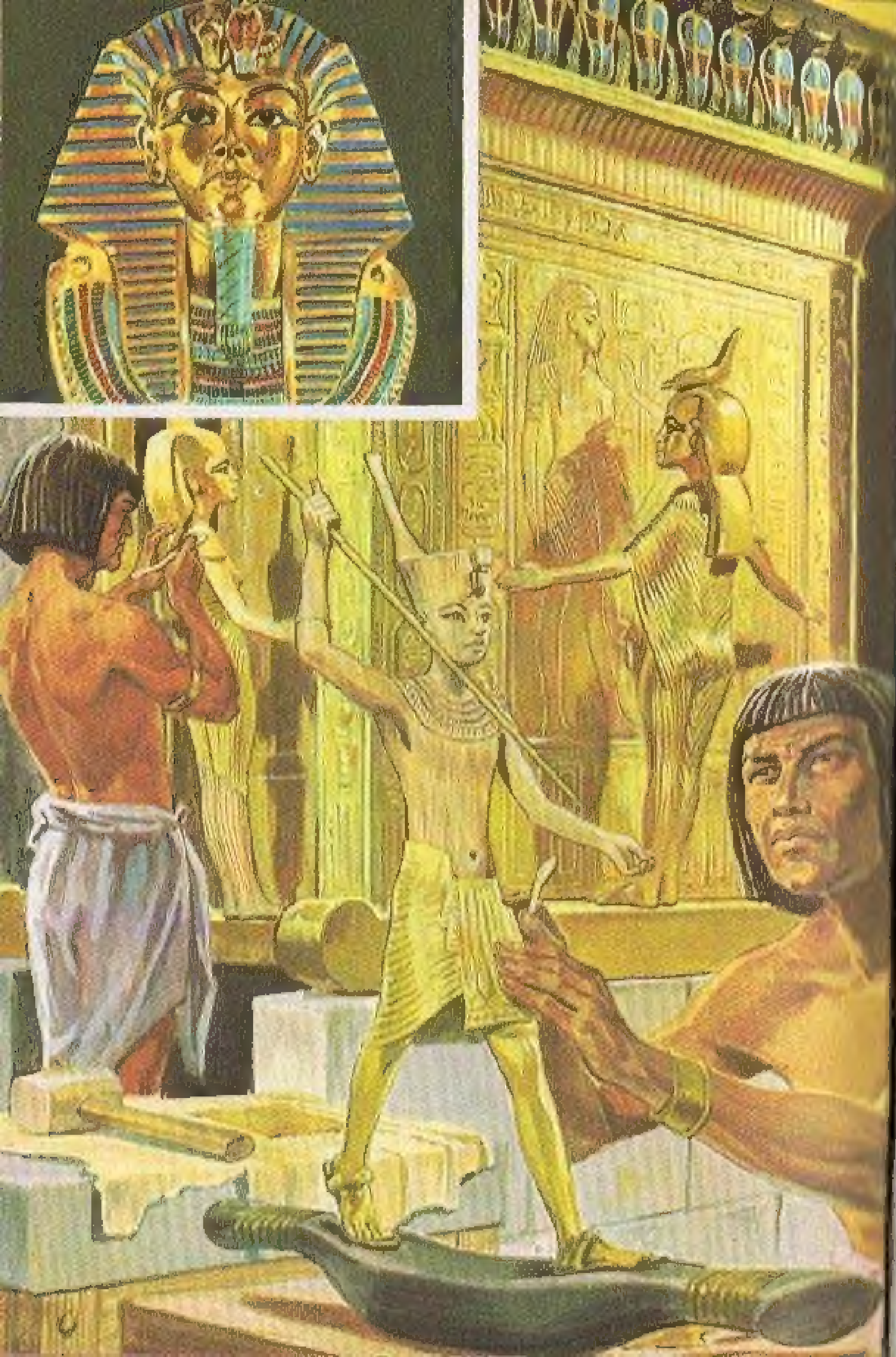
مع أنّ الفِلِزّاتِ كانت تُصنَعُ منذُ نحوِ ٧٠٠٠ سنةٍ، فإنّهُ لم يكُنْ معروفًا منها قبلَ سنةِ ٢٥٠٠ قبلَ الميلادِ غيرُ الذّهبِ والفِضّةِ والنُّحاسِ والرَّصاص. ثمَّ اكتُشِفَ الفِلِزُّ الخامسُ وهو القصديرُ. والقصديرُ فِلِزٌّ ليّنٌ، مائلٌ إلى البياضِ ولم يكُنْ أوّلَ الأمرِ ذا قيمةٍ كبيرةٍ، وقد برزَتْ أهمّيّتُهُ فجأةً نتيجةَ اكتشافٍ جديدٍ في معالجةِ المعادنِ إذ تبيّنَ أنّهُ إذا ما صُهِرَ القصديرُ والنُّحاسُ معًا، نتجَ عن ذلك خليطٌ معدِنيٌّ جديدٌ لهُ ضِعفا صلابةِ النُّحاسِ وقوّتِهِ ويُدعى هذا الخليطُ السَّبَكيُّ الجديدُ بالبرونز. وهو أوّلُ السّبائك.

والسَّبيكةُ هي خليطٌ معدِنيٌّ من عدّةِ فِلِزّاتٍ – أي هي معدِنٌ من صُنعِ الإنسانِ.

وباختلافِ نِسَبِ هذين الفِلِزّينِ أي القصديرِ والنُّحاسِ، تختلفُ خواصُّ البرونزِ الناتجِ أيضًا. وقد استعملَ معظمُ صُنّاعِ الفِلِزّاتِ الأوّلينَ ثمانيةَ أجزاءٍ من النُّحاسِ مقابلَ جزءٍ واحدٍ من القصديرِ، ولمّا كانتِ الأسلحةُ المصنوعةُ من البرونزِ أشدَّ صلابةً من النُّحاسِ وأقوى منهُ، صارَتْ للقصديرِ أهمّيّةٌ كبيرةٌ جدًّا. لكنْ لم تكُنْ توجدُ منهُ سوى كمّيّاتٍ قليلةٍ في آسيا الغربيّةِ، التي كانَتْ لا تزالُ مركزَ صناعةِ الفِلِزّاتِ في العالَم. وكانَ يوجدُ معظمُهُ في أوروبّا. لِذا أخذَ تُجّارُ «طروادةَ»، الذين كانوا يأتونَ ببضاعتِهِم إلى أوروبّا، يُحمِّلونَ سفنَهُم عندَ عودتِهِم بالقصديرِ. وقدِ اكتُشِفَ وجودُهُ في إنكلترا في مقاطعةِ «كورنوال»، وظلَّ أهمَّ صادراتِها زمنًا طويلًا.

رأينا كيفَ انتشرَتِ المعرفةُ عنِ الفِلِزّاتِ من آسيا الغربيّةِ إلى أوروبّا. وقد حملَتْ قوافلُ التُّجّارِ هذهِ المعرفةَ شرقًا أيضًا، فازدهرَتْ صناعةُ الفِلِزّاتِ في الهندِ والصّينِ، وأنتجَ الصّينيّونَ أوانيَ خزنِ الخمرِ الطويلةَ الجميلةَ، وقدورَ طبخِ الطّعامِ، والأسلحةَ والحُلِيَّ المصنوعةَ من البرونزِ.

تُحَفٌ برونزيّةٌ جميلةٌ من صُنعِ الحِرَفيّينَ الصّينيّينَ القُدَماء



المهارةُ الفائقةُ لِصُنّاعِ الفِلِزّاتِ المِصْريّين

لَقَدْ كانَ الصِّينِيّونَ أساتِذَةَ العالَمِ القَديمِ في صِناعَةِ البرونزِ، وتَفَوَّقَ المِصْريّونَ في صِناعَةِ الذَّهَبِ. وقَدِ اسْتَخْدَمَ المِصْريّونَ كُلَّ الفِلِزّاتِ الخَمْسَةِ المَعْروفَةِ آنَذاكَ، وخاصّةً البرونزَ في صُنْعِ الأَسْلِحَةِ لِحُروبِهِم المُتَكَرِّرَةِ. ولكِنَّ اسْتِخْدامَهُمْ لِلفِلِزّاتِ الثَّمينَةِ هُوَ أَكْثَرُ إِنْجازاتِهِمْ إثارَةً لِلاهْتِمامِ.

فَقَدْ أَعْطَتْ ثَرْوَةُ الفَراعِنَةِ الضَّخْمَةُ لِصُيّاغِ الذَّهَبِ والفِضَّةِ فُرَصًا لا مُتَناهِيَةً، إِذْ وُضِعَتْ تَحْتَ تَصَرُّفِهِمْ كُنوزُ أَسْيادِهِمْ مِنَ الفِلِزّاتِ الثَّمينَةِ، وقَدْ صَنَعوا مِنْها أَدَواتٍ مِنْ أَرْقى المُسْتَوَياتِ فَنًّا وتِقْنِيَّةً. وقَدْ دُفِنَ كَثيرٌ مِنْ هٰذِهِ القَرائِدِ مَعَ الفَراعِنَةِ في قُبورِهِمْ وبِحَفْرِ هٰذِهِ القُبورِ، كُشِفَ عَنْ تِلْكَ الأَشْغالِ الفِلِزِّيَّةِ الرّائِعَةِ المَصْنوعَةِ قَبْلَ نَحْوِ ثَلاثَةِ آلافِ سَنَةٍ.

وكانَ أُولٰئِكَ الصّاغَةُ أَساتِذَةً في طَرْقِ الذَّهَبِ، إِذْ كانَ الذَّهَبُ يُطْرَقُ بَيْنَ قِطَعٍ مِنَ الجِلْدِ حَتّى يُصْبِحَ صَفيحَةً رَقيقَةً جِدًّا، فَقَدْ كانَ بِإِمْكانِهِمْ أَنْ يَصْنَعوا صَفائِحَ لا يَزيدُ سُمْكُها عَنْ واحِدٍ مِنَ الفَيْنِ مِنَ السنتيمتر، ويَسْتَعْمِلوها في تَزْيينِ التَّماثيلِ الخَشَبِيَّةِ وأَغْراضِ الزّينَةِ الأُخْرى.

ويُمْكِنُنا أَنْ نُكَوِّنَ فِكْرَةً عَنْ إِسْرافِهِمْ في اسْتِعْمالِ الذَّهَبِ والفِضَّةِ مِنْ قَبْرِ المَلِكِ الشّابِّ تُوتَنْخ آمون، المُتَوَفّى نَحْوَ سَنَةِ ١٣٥٠ قَبْلَ الميلادِ. فَعِنْدَما فُتِحَ قَبْرُهُ سَنَةَ ١٩٢٢، كانَ بَيْنَ النَّفائِسِ المُكْتَشَفَةِ قِناعٌ رائِعٌ مِنَ الذَّهَبِ، مُرَصَّعٌ بِالأَحْجارِ الكَريمَةِ، وَسْطَ عَدَدٍ مِنَ التَّماثيلِ والأَضْرِحَةِ المَطْلِيَّةِ بِالذَّهَبِ. كانَ تابوتُ المَلِكِ المَصْنوعُ مِنَ الذَّهَبِ الخالِصِ بِسُمْكٍ يُقارِبُ الثَّلاثَةَ سنتيمترات.

وبَيْنَ هٰذِهِ كُلِّها وُجِدَ عَدَدٌ مِنَ الآلاتِ الصَّغيرَةِ الّتي قَلَّ أَنْ نُعيرَها اليَوْمَ أَيَّ اهْتِمامٍ ولكِنَّها كانَتْ عِنْدَ المِصْرِيّينَ القُدَماءِ مِنْ أَنْدَرِ الأَشْياءِ المَوْجودَةِ في القَبْرِ وأَنْفَسِها، لأَنَّها كانَتْ مَصْنوعَةً مِنَ الحَديدِ، وهُوَ سادِسُ فِلِزٍّ اكْتَشَفَهُ الإِنْسانُ.

الفَنّانونَ المِصْرِيّونَ يُذَهِّبونَ التَّماثيلَ لِضَريحِ تُوتَنْخ آمون. (وأَعلاه) قِناعُ تُوتَنْخ آمون الذَّهَبيّ



أَهَمِّيَّةُ الحَدِيدِ

لَمْ يَكُنِ الحَدِيدُ الَّذِي وُجِدَ فِي قَبْرِ تُوتَنْخ آمُونَ مِنْ مِصْرَ نَفْسِها ، بَلِ اشْتُرِيَ مِنَ الحِثِّيِّينَ ، وهُمْ قَوْمٌ أَشِدَّاءُ كانُوا يَعِيشُونَ فِي آسْيا الصُّغْرَى وسُورِيَةَ. لَقَدِ اكْتَشَفَ هٰؤُلاءِ كَيْفَ يَسْتَخْرِجُونَ الحَدِيدَ مِنْ خاماتِهِ ، وأَبْقَوا الطَّرِيقَةَ سِرًّا مَحْفُوظًا .

ومَعَ أَنَّهُمْ كانُوا غالِبًا فِي حُرُوبٍ دائِمَةٍ مَعَ المِصْرِيِّينَ ، فَقَدْ كانُوا يُقايِضُونَهُمْ ، وهُمْ راضُونَ ، الحَدِيدَ بِالذَّهَبِ ، وكانَ عَلَى المِصْرِيِّينَ أَنْ يَدْفَعُوا ثَمَنَ الحَدِيدِ أَرْبَعَةَ أَضْعافِ وَزْنِهِ ذَهَبًا ، أَوْ أَرْبَعِينَ ضِعْفَ وَزْنِهِ فِضَّةً. ويُقالُ إِنَّ المِصْرِيِّينَ خَدَعُوا الحِثِّيِّينَ مَرَّةً بِإِعْطائِهِمْ كُتَلًا مِنَ البُرُونْزِ مُمَوَّهَةً بِطَبَقَةٍ رَقِيقَةٍ مِنَ الذَّهَبِ

وكانَ صَهْرُ الحَدِيدِ أَهَمَّ خُطْوَةٍ فِي تَطَوُّرِ صِناعَةِ التَّعْدِينِ ، مُنْذُ أَنْ وَجَدَ الحَجَّارُونَ النُّحاسَ فِي قَعْرِ أَتْوِيَتِهِمْ . وحَيْثُ أَنَّ خامَ الحَدِيدِ يَنْتَشِرُ بِكَثْرَةٍ فِي جَمِيعِ أَنْحاءِ العالَمِ ، لِذا تَبْدُو غَرِيبًا أَنَّهُ مَرَّ وَقْتٌ طَوِيلٌ قَبْلَ أَنْ يَتَمَكَّنَ المُعَدِّنُونَ القُدَماءُ مِنِ اسْتِخْراجِهِ. وقَدْ يَعُودُ السَّبَبُ إِلَى أَنَّ الأَفْرانَ الَّتِي اسْتُعْمِلَتْ فِي صَهْرِ النُّحاسِ لَمْ تَكُنْ حَرارَتُها عالِيَةً إِلَى دَرَجَةٍ تَكْفِي لِإِنْتاجِ الحَدِيدِ. وقَدْ جَرَتْ مُحاوَلاتٌ كَثِيرَةٌ قَبْلَ أَنْ يَنْجَحَ الحِثِّيُّونَ فِي ذٰلِكَ

وقَدْ حَفِظَ الحِثِّيُّونَ سِرَّهُمْ مُدَّةً تَزِيدُ عَلَى قَرْنٍ مِنَ الزَّمَنِ . وفِي سَنَةِ ١٢٨٣ قَبْلَ المِيلادِ اجْتاحَتْ بِلادَهُمْ غَزَواتٌ مِنَ الجَنُوبِ ، فَهَرَبَ عَدَدٌ كَبِيرٌ مِنْ صُنّاعِ الحَدِيدِ إِلَى بِلادٍ أُخْرَى مُصْطَحِبِينَ أَسْرارَهُمْ مَعَهُمْ . وانْتَشَرَتْ بِذٰلِكَ مَعْرِفَتُهُمْ شَرْقًا وغَرْبًا ، وأَصْبَحَ الحَدِيدُ رَخِيصًا ومُتَوَفِّرًا. وجَعَلَتْهُ قَساوَتُهُ وسُهُولَةُ تَشْكِيلِهِ وهُوَ ساخِنٌ خَيْرًا مِنَ البُرُونْزِ فِي صِناعَةِ الآلاتِ والأَسْلِحَةِ والأَدَواتِ الأُخْرَى ، حَيْثُ لِلْمَتانَةِ أَهَمِّيَّةٌ خاصَّةٌ .



مهاراتٌ وطُرُقٌ جديدةٌ

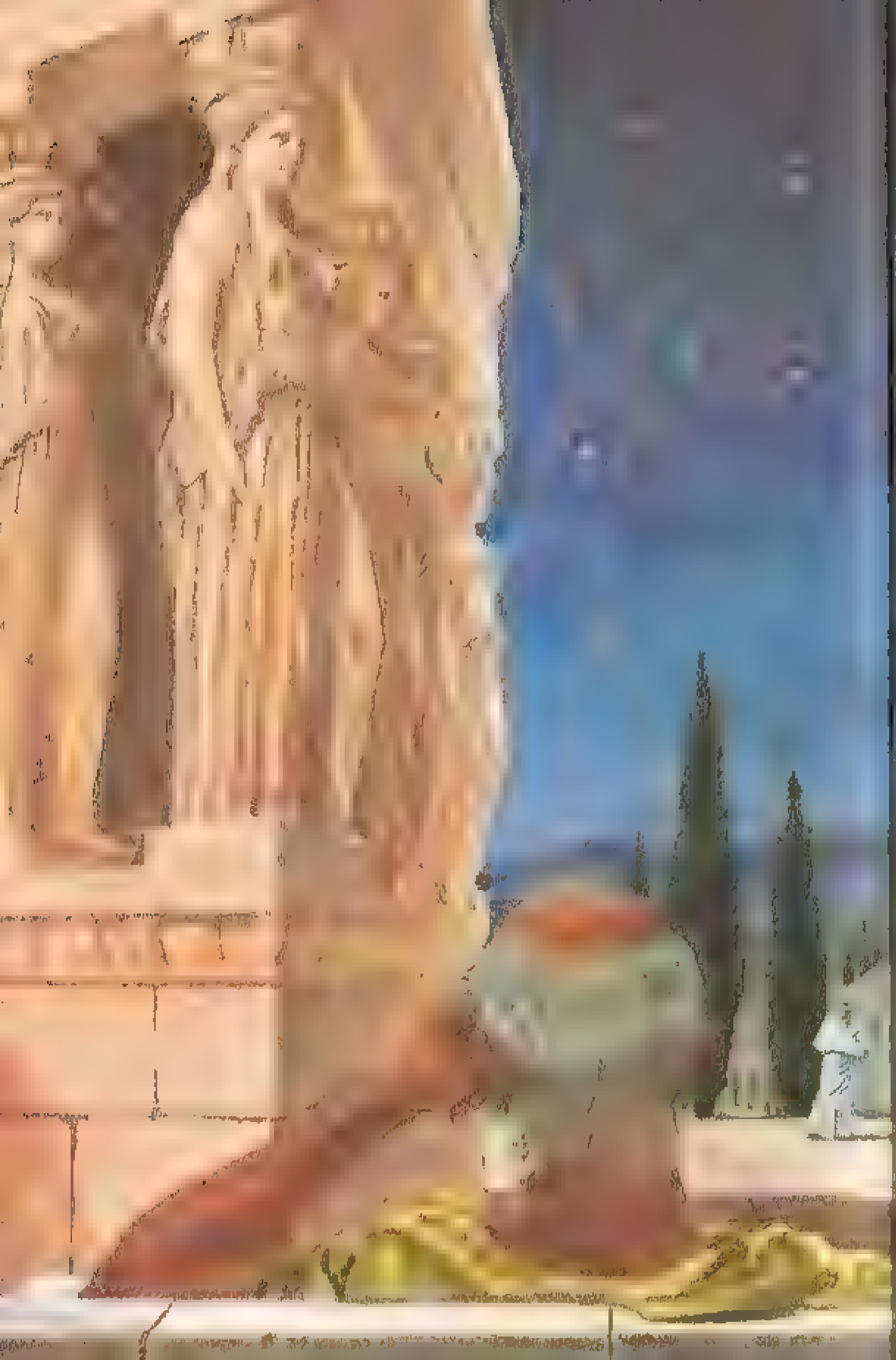
لَقَدْ أَنتجَ الحدّادونَ القُدامى عَرَضًا بَعضَ الأَحيانِ ، أَداةً مِن الفُولاذِ عِوضًا عن الحديدِ . والفُولاذُ هُوَ حديدٌ فيهِ نِسبةٌ صَغيرةٌ مِنَ الكَربونِ ، مَصْدَرُهُ وَقودُ الفُرنِ الّتي تَمَّ فيهِ حِماؤُهُ عِندَ تَحضيرِهِ . وتَعلَّمَ الحدّادونَ بَعدَ ذلكَ بالخِبرةِ كَيفَ يُضيفونَ هذا الكَربونَ إلى الحديدِ عِندَما يُرادُ إنتاجُ الفُولاذِ .

والفُولاذُ أَقوى مِنَ الحَديدِ ويُمكِنُ جَعلُهُ أَشدَّ صَلادَةً « بالسَّقْيِ » أي بتَبريدِهِ فَجأةً مِنْ دَرجةِ الاحمِرارِ ، بتَغطيسِهِ في ماءٍ باردٍ أَوْ في سائلٍ آخَرَ . ولكِنَّ الفُولاذَ يَصيرُ قَصِفًا قَليلَ المُرونةِ وسَريعَ الانكِسارِ عِندَما يُجعَلُ قاسيًا كثيرًا . ولَمّا كانَتْ لِكُلِّ حدّادٍ طَريقتُهُ الخاصَّةُ في صُنعِ الفُولاذِ ، فَقَدْ كانَتْ نَوعيَّةُ الفُولاذِ تَتَفاوتُ كثيرًا ومِن أَكثَرِ ما انكَسَرَ سَيفٌ صَنَعَهُ حدّادٌ غَيرُ ماهِرٍ ، والحاجةُ إليهِ على أَشدِّها .

ولَمْ تَكُنْ حَرارةُ الأَفرانِ المُستَعمَلةِ في تِلكَ الأَيّامِ عاليةً إلى دَرجةٍ يَنصَهِرُ فيها الحديدُ تَمامًا ، لِذا عَمَدوا عِندَ استِخراجِهِ مِنْ خاماتِهِ إلى تَسخينِ الخامِ قَدرَ الإِمكانِ حتّى يُصبِحَ الحديدُ إسفَنجيَّ القَوامِ ثُمَّ يُطرَقَ لِطَردِ قِطَعِ الصُّخورِ الصَّغيرةِ وغَيرِها مِنَ الشَّوائبِ ، مُخَلِّفةً الحديدَ وراءَها وقَدْ تَطلَّبَ ذلكَ مَهارةً وقُوّةً كَبيرَتَيْنِ ، وخاصَّةً لأَنَّهُمْ لَمْ يَكونوا بَعدُ قَدِ اكتَشَفوا المِلقَطَ ، وكانوا يُمسِكونَ الفِلِزَّ السّاخِنَ بِعِصِيٍّ خَضراءَ .

واستَمَرَّ انتِشارُ إنتاجِ الفِلِزّاتِ الأُخرى خِلالَ ذلكَ ، فَلَمْ يَعُدِ الذَّهَبُ يُلتَقَطُ فَقَطْ مِنَ الجَداوِلِ بِشَكلِ كُتَلٍ ، بَلْ صارَ يَجري تَعدينُهُ أَوْ تُستَخرَجُ دقائقُهُ مِنْ رَواسِبِ الجَداوِلِ الغَرينيَّةِ وقَدِ استَخدَموا طَريقةً مُثيرةً لِتَرشيحِ الماءِ وفَصلِ دقائقِ الذَّهَبِ مِنهُ ، وذلكَ باستِعمالِ صُوفِ الخِرافِ في طَشْتٍ مُثَقَّبٍ . فَعِندَ مُرورِ الماءِ خِلالَ صُوفِ الخَروفِ تَعلَقُ دقائقُ الذَّهَبِ بالصُّوفِ وتَنفَصِلُ عَنِ الماءِ ، ثُمَّ يُحرَقُ الصُّوفُ فَيَبقى الذَّهَبُ وَحدَهُ وقَدْ يَعودُ أَصلُ أُسطورةِ « جاسونَ » و « الجِزَّةِ الذَّهَبيَّةِ » إلى هذهِ الطَّريقةِ .

تُستَعمَلُ جِزَّةُ الخَروفِ في تَرشيحِ الماءِ وفَصلِ دقائقِ الذَّهَبِ عَنهُ



اكتشافُ الزئبقِ والخارصين

ثمّ بعدَ اكتشافِ الحديدِ اكتشافُ فلزّينِ آخَرَينِ هما أولًا الزئبقُ ، وهو الفلزُّ السائلُ الذي يُستعمَلُ الآنَ في موازينِ الحرارةِ . وربّما تمَّ اكتشافُه في إسبانيا ، نحوَ سنةِ ٢٠٠ قبلَ الميلادِ .

أمّا الفلزُّ الثاني فكانَ الخارصينَ ، وقدِ استُخدِمَ ممزوجًا مع النُّحاسِ في صُنعِ سَبيكةٍ هامّةٍ ، هيَ النُّحاسُ الأصفرُ . وهوَ معدِنٌ قاسٍ أصفرُ اللّونِ ، وكانَ أكثرَ منَ البرونزِ قيمةً . وتاريخُ اكتشافِه الحقيقيُّ ليسَ معروفًا ، وربّما كانَ نحوَ سنةِ ٢٠٠ قبلَ الميلادِ أيضًا . وقدْ جاءَ ذِكرُ النُّحاسِ الأصفرِ مرارًا في العهدِ القديمِ منَ الكتابِ المُقدَّسِ الذي كُتِبَ مُعظَمُهُ قبلَ اكتشافِ الخارصينِ ، أيْ قبلَ أنْ يُوجَدَ النُّحاسُ الأصفرُ فعلًا . فالمعدِنُ الذي وردَ ذِكرُهُ في التّوراةِ ، لا بُدَّ أنّه البرونزُ أوِ النُّحاسُ .

وباكتشافِ الزئبقِ والخارصينِ أصبحَ عددُ الفلزّاتِ الأساسيّةِ المعروفةِ ثمانيةً .

وقدِ ازدادَ الاهتمامُ كثيرًا خلالَ تلكَ القرونِ بالفلزّاتِ المعروفةِ . وتمَّ في عهدِ الفراعنةِ تقدُّمٌ كبيرٌ في علمِ الكيمياءِ وطُرُقِ استخراجِ الفلزّاتِ . ونحوَ عامِ ٥٠٠ قبلَ الميلادِ جاءَ اليونانيُّ ديموقريطسُ بنظريّةٍ مُثيرةٍ ، توصَّلَ إليها بالتّحليلِ المنطقيِّ فقطْ ، ولا تزالُ قائمةً حتّى اليومِ ، وهيَ أنَّ المادّةَ بشتّى أشكالِها تتألّفُ منْ ذرّاتٍ دائمةِ الحركةِ .

وقدْ نشرَ اليونانُ أيضًا فكرةً أُخرى قلَّ جدارةً بالتّقديرِ ، وهيَ أنَّ الذّهبَ يُمكِنُ صُنعُهُ منْ فلزّاتٍ دُنيا ، كالحديدِ والرّصاصِ وغيرِهما ، وبدأتْ بذلكَ أكبرُ سلسلةٍ منَ المحاولاتِ العقيمةِ في التّاريخِ . وقدْ عُرِفَ أولئكَ الذينَ حاولوا صُنعَ الذّهبِ منَ الفلزّاتِ الخسيسةِ بالكيماويّينَ الأوّلينَ . وكانَ أولئكَ علماءَ نشيطينَ ، أدّتْ تجارِبُهُم إلى بعضِ الاكتشافاتِ المفيدةِ . ولكنَّ هدفَهُمُ الرّئيسيَّ ، أيْ إنتاجَ الذّهبِ ، كانَ نصيبُهُ الإخفاقُ ، لأنَّ الذّهبَ نفسَهُ عنصرٌ فلزّيٌّ أساسيٌّ .

فيلسوفٌ يونانيٌّ يتنبّأ بالنّظريّةِ الذّرّيّةِ الحديثةِ



الفِلِزّاتُ في العُصورِ الرّومانِيَّةِ

لَقَدْ كانَ الرّومانُ مُهَنْدِسينَ وإداريّينَ بارعينَ ، بالإضافَةِ إلى قُوَّتِهِمِ العَسْكَرِيَّةِ . وقَدِ امْتَدَّتْ إمْبَراطورِيَّتُهُمْ وتَوَسَّعَتْ . وكانَ تَعْدينُ الفِلِزّاتِ وصِناعَتُهُ مُنَظَّمَيْنِ جِدًّا في جَميعِ البِلادِ الّتي حَكَمُوها واعْتَبَروا كُلَّ الفِلِزّاتِ الّتي وُجِدَتْ في البِلادِ المُحْتَلَّةِ مُلْكًا شَرْعِيًّا لَهُمْ .

وكانَ الجَيْشُ بِحاجَةٍ إلى الحَديدِ والبرونْزِ والنُّحاسِ الأَصْفَرِ لِلعَتادِ والسِّلاحِ . حَتّى الذَّهَبُ كانَ يُسْتَعْمَلُ في صُنْعِ الأَعْلامِ العَسْكَرِيَّةِ الّتي يُمْكِنُ رُؤْيَتُها مِنْ بَعيدٍ .

وقَدِ استَعْمَلوا أَيْضًا الفِلِزّاتِ بِكَثْرَةٍ ومَهارَةٍ في حاجاتِهِمُ البَيْتِيَّةِ ، فمناشيرُهُمْ كانَتْ تَقْطَعُ الفِلِزّاتِ مِثْلَ المِنْشارِ الحَديدِيِّ اليَوْمَ . وصَنَعوا أَيْضًا أَسْلاكًا رَفيعَةً مِنَ البرونْزِ لا يَزيدُ قُطْرُها عَنْ $\frac{1}{20}$ مِنَ السَّنْتيمِتْرِ ، وكَوَّنوا أَيْ حِبالًا مَعْدِنِيَّةً ، بِبَرْمِ عَدَدٍ مِنَ الأَسْلاكِ مَعًا . وتَفَوَّقوا أَيْضًا في صِناعَةِ تَلْحيمِ الفِلِزّاتِ بِتَسْخينِها وطَرْقِها مَعًا أَوْ بِواسِطَةِ القَصْديرِ . وقَدِ استَعْمَلوا النُّحاسَ الأَصْفَرَ ، الّذي كانَ آنَذاكَ مَعْدِنًا حَديثًا جِدًّا ، في صَكِّ النُّقودِ . وكانَتْ أَوَّلَ الأَمْرِ عَلى شَكْلِ قُضْبانٍ مُسْتَطيلَةٍ . ثُمَّ أَدْخَلوا النُّقودَ المُدَوَّرَةَ . وكانَتِ النُّقودُ تُطْبَعُ بِخاتَمٍ مِنَ الفِلِزِّ القاسي ، فَيَتْرُكُ عَلَيْها انْطِباعَ الرَّسْمِ والحُروفِ . واستَعْمَلوا سَبيكَةَ البيوتَرِ المُؤَلَّفَةَ مِنَ الرَّصاصِ والقَصْديرِ لِعَمَلِ الأَقْداحِ والصُّحونِ . ولا تَزالُ بَعْضُ أَقْنِيَةِ المِياهِ الرّومانِيَّةِ قائِمَةً حَتّى اليَوْمِ ، وكانَتْ هذِهِ جُزْءًا مِنْ نِظامِ الرَّيِّ الّذي أَبْدَعوا في هَنْدَسَتِهِ . وقَدْ بُطِّنَتْ هذِهِ الأَقْنِيَةُ بِالرَّصاصِ لأَنَّهُ لا يَصْدَأُ ، واستَعْمَلوا مِنْهُ آلافَ الأَطْنانِ في القَناةِ الواحِدَةِ . وقَدْ نَمَتْ كَمِّيّاتُ الرَّصاصِ المُسْتَعْمَلَةِ في شَبَكاتِ تَوْزيعِ المِياهِ ، بِنِسْبَةٍ كَبيرَةٍ حَتّى أَنَّهُمْ أَخَذوا أَخيرًا يُعانونَ بَعْضَ آثارِ التَّسَمُّمِ بِالرَّصاصِ .

أَمّا أَهَمُّ الفِلِزّاتِ عِنْدَ الرّومانِ فَكانَ الذَّهَبُ ، وقَدْ حَصَلوا مِنْهُ عَلى ما قيمَتُهُ مِئاتُ المَلايينِ مِنَ الجُنَيْهاتِ ، أَنْفَقوا مُعْظَمَهُ عَلى حَياةِ التَّرَفِ الّتي أُولِعَ بِها سُكّانُ روما

جُنْدِيٌّ رومانِيٌّ يَلْبَسُ دِرْعًا حَديدِيَّةً ، يُراقِبُ صَبَّ الحَديدِ
فَوْقُ (الزّاوِيَةُ اليُمْنى) نُقودٌ رومانِيَّةٌ مُسْتَطيلَةٌ ومُدَوَّرَةٌ .



قدوم « الفايكنج » الاسكندنافيين

لم يحصل تقدم يذكر في صناعة الفيرات سنين عديدة بعد سقوط الإمبراطورية الرومانية سنة ٤٧٦ . وتوقفت أو كادت صناعات صهر الحديد وتعدين القصدير والرصاص ، وعموم صناعة الفلزات التي أنشأها الرومان في البلاد التي حكموها وكل ما تبقى كان صناعات بسيطة رديئة النوعية

وفي سنة ٨٠٠ دخلت شمال أوروبا قوة جديدة هم الاسكندنافيون ، (الفايكنج) وهم رجال من الشمال ، من التجار والمحاربين الأشداء . ويعزى معظم نجاحهم إلى مهارتهم في صناعة الفيرات ، فقد كانت سيوفهم أطول وأقوى من سيوف الرومان ، وبها ربحوا معاركهم .

وكان من الصعب ، في تلك الأيام ، صنع سيوف قوية وذلك لعدم وجود أفران ذات حرارة عالية ، تكفي لصهر الحديد وتحويله إلى فولاذ لتفاعله مع الكربون . وكل ما كان يمكن عمله هو إحماء الحديد بالفحم الغني بالكربون ، فيدخل بعض الكربون في الحديد ويتصلد على سطحه مثل قشرة الرغيف

وكانت نصال السيوف تصنع من شرائح الحديد الرقيقة ، التي تصلدت سطوحها بليها معًا في أشكال مختلفة (كما ترى في أسفل الصورة المقابلة) ، ثم إحمائها ثانية وطرقها حتى تصبح قطعة واحدة . وهذا يجعل النصل قويًا ويكسبه شكلًا متموجًا خاصًا .

غزو الفايكنج (في الأسفل) كانت نصال سيوفهم تصنع من عدد من الشرائح الرقيقة المشكّلة بالإحماء والطرق



الحُرُوبُ الصَّلِيبِيَّةُ

لَقَدْ وَثَّقَ خِلالُ النورمانِ بَيْنَ بَرِيطانِيا سَنَةَ ١٠٦٦ عَلاقَتَها مَعَ فَرَنْسا والبِلادِ الأُورُوبِّيَّةِ الأُخْرَى . وَقَدْ انْضَمَّ المُحارِبُونَ البَرِيطانِيُّونَ عِنْدَما بَدَأَتِ الحُرُوبُ الصَّلِيبِيَّةُ ، إِلَى رِفاقِهِمْ فِي القارَّةِ لِلاسْتِيلاءِ عَلَى القُدْسِ .

لَمْ يُؤَثِّرْ سُقُوطُ رُوما عَلَى الحَياةِ فِي البِلادِ الشَّرْقِيَّةِ كَما أَثَّرَ فِي أُورُوبا . فالصَّلِيبِيُّونَ الَّذِينَ أَتَوْا مِنْ بُيُوتٍ تَنْعَدِمُ فِيها وَسائِلُ الرَّاحَةِ وَحَتَّى أُولَئِكَ الَّذِينَ أَلِفُوا القُصُورَ والقِلاعَ ، ذُهِلُوا مِنَ البَذَخِ والتَّرَفِ والأَناقَةِ الَّتِي شاهَدُوها فِي بِلادِ المَشْرِقِ ، وتاقُوا إِلَى تَقْلِيدِ ما شاهَدُوهُ مِنَ الفَنِّ المِعْمارِيِّ الرَّفِيعِ ، وَوَجَدُوا صُنَّاعَ الحِرَفِ الشَّرْقِيِّينَ يَفُوقُونَهُمْ مَهارَةً . وَلَمْ يَكُنْ لَدَى المُسْلِمِينَ أَيُّ فِلِزّاتٍ جَدِيدَةٍ إِضافِيَّةٍ ، ولَكِنْ كانَتْ لَدَيْهِمْ مَهارَةٌ أَكْثَرُ وتِقْنِيَّةٌ أَدَقُّ فِي فُنُونِ حَرْقِ الفِلِزّاتِ المَعْرُوفَةِ وَصَبِّها وَتَشْكِيلِها .

وَتُرْوَى حِكايَةٌ عَنِ اجْتِماعٍ فِي الصَّحْراءِ بَيْنَ رِيكارْدُوسَ قَلْبِ الأَسَدِ وَصَلاحِ الدِّينِ الأَيُّوبِيِّ القائِدِ العَرَبِيِّ ، إِذْ تَباهَى كُلٌّ مِنْهُما بِسِلاحِهِ . فَحَطَّمَ رِيكارْدُوسُ قَضِيبًا مِنَ الحَدِيدِ بِضَرْبَةٍ مِنْ سَيْفِهِ الضَّخْمِ ذِي المَقْبِضَيْنِ فَما كانَ مِنْ صَلاحِ الدِّينِ إِلّا أَنْ رَمَى مِنْدِيلًا مِنَ الحَرِيرِ فِي الهَواءِ ، وَقَطَعَهُ نِصْفَيْنِ بِسَيْفِهِ الأَحْدَبِ المَشْحُوذِ كَمُوسَى الحِلاقَةِ . وَمَعَ أَنَّ الحِكايَةَ لَيْسَتْ حَقِيقِيَّةً ، فَإِنَّها تُشِيرُ إِلَى تَفَوُّقِ صُنّاعِ السُّيُوفِ المُسْلِمِينَ . فَسَيْفُ صَلاحِ الدِّينِ القاطِعُ لا بُدَّ وأَنَّهُ قَدْ صُنِعَ مِنْ مَعْدِنٍ أَفْضَلَ .

وَقَدْ كانَتْ عِنْدَ المُسْلِمِينَ طَرِيقَةٌ خاصَّةٌ لِصُنْعِ نِصالِ السُّيُوفِ تَعَلَّمُوها مِنَ الهِنْدِ قَبْلَ الحُرُوبِ الصَّلِيبِيَّةِ بِمِئاتِ السِّنِينَ . وَقَدْ عُرِفَتْ هَذِهِ النِّصالُ المَصْنُوعَةُ بِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ بِالنِّصالِ الدِّمَشْقِيَّةِ ، فَهِيَ عَدا كَوْنِها قَوِيَّةً وَحادَّةً جِدًّا ، جَمِيلَةٌ تَتَلَأْلَأُ سُطُوحُها كالحَرِيرِ المُبَلَّلِ .



الطَّاقَةُ المائِيَّةُ وتَصْنيعُ الفِلِزَّاتِ

لَقَدْ شاهَدَتِ العُصورُ المُتوسِّطَةُ الخُطُواتِ الأُولى في مَكْنَنَةِ صِناعَةِ الفِلِزّاتِ وقَدِ اسْتُعْمِلَتِ الدَّواليبُ المائِيَّةُ مُدَّةً طَويلَةً لِطَحْنِ القَمْحِ وحِياكَةِ القُماشِ . وقَدْ ذَكَرَ سِجِلُّ المَسْحِ الذي وُضِعَ في عَهْدِ وليمِ الفاتِحِ نَحْوَ خَمْسَةِ آلافِ مِطْحَنَةٍ في بَريطانْيا وَحْدَها وصارَتْ دَواليبُ الماءِ الكَبيرَةُ تُسْتَخْدَمُ في تَسْييرِ المَطارِقِ الميكانيكِيَّةِ وتَشْغيلِ مَنافِخِ الأَفْرانِ . وقَدْ نَتَجَ عَنِ اسْتِخْدامِ الطَّاقَةِ المائِيَّةِ في الصِّناعاتِ الحَديدِيَّةِ تَمَرْكُزُ تِلْكَ الصِّناعاتِ في مَناطِقَ مُعَيَّنَةٍ ، فَكانَ قِيامُ هٰذِهِ الصِّناعاتِ في أَيِّ مِنْطَقَةٍ يَحْتاجُ إِلى ثَلاثَةِ أَشْياءَ ، هي الماءُ لِتَشْغيلِ الدَّواليبِ ، والأَحْراشُ لِتَزْويدِ الوَقودِ ، وخاماتُ الحَديدِ طَبْعًا .

وفي بَريطانْيا ، كانَتْ مِنْطَقَةُ سَسِكْسَ مِنَ المَناطِقِ الَّتي تَوَفَّرَتْ فيها هٰذِهِ العَوامِلُ الثَّلاثَةُ بِالإِضافَةِ إِلى وُجودِ سوقٍ قَريبَةٍ لَها في لَنْدَنَ . والمِنْطَقَةُ هٰذِهِ غَنِيَّةٌ بِخاماتِ الحَديدِ ، وتُظْهِرُ كَنائِسُها أَحْيانًا وُجودَ الحَديدِ في صُخورِها ، إِذْ يَبْدو الصَّدَأُ ، أَيْ أُكْسيدُ الحَديدِ مُتَحَلِّلًا عَلى جَوانِبِ أَبْراجِها . ولِزِيادَةِ طاقَةِ دَواليبِ الماءِ كانَتْ تُحْفَرُ لَها حُفَرٌ تُسَمَّى « بِرَكُ المِطْرَقَةِ » لا تَزالُ آثارُها قائِمَةً حَتَّى اليَوْمِ .

ويَظْهَرُ في الصُّورَةِ المُقابِلَةِ كَيْفَ كانَ دولابُ الماءِ يُديرُ المِطْرَقَةَ . فالمِطْرَقَةُ الَّتي كانَتْ تَزِنُ نَحْوَ مِئَةِ كيلوغرامٍ كانَتْ تُرْفَعُ بِواسِطَةِ نُتوءاتٍ تَبْرُزُ مِنَ الدّارَةِ الأُسْطُوانِيَّةِ ثُمَّ تَنْزَلِقُ وتَسْقُطُ عَلى السِّنْدانِ ، ويُساعِدُها في الارْتِدادِ إِلى الأَسْفَلِ بِقُوَّةٍ عارِضَةٌ خَشَبِيَّةٌ مَرِنَةٌ ، وكانَتْ تَعْمَلُ بِسُرْعَةِ ٢٠٠ خَبْطَةٍ في الدَّقيقَةِ . وكانَتْ لِهٰذِهِ السُّرْعَةِ أَهَمِّيَّةٌ كَبيرَةٌ جِدًّا في عَمَلِيَّةِ طَرْقِ الفِلِزِّ وتَشْكيلِهِ عَلى السِّنْدانِ ، إِذْ يَبْرُدُ الحَديدُ سَريعًا ولا بُدَّ مِنْ تَسْخينِهِ مِرارًا .

وقَدْ صُنِعَ في « سَسِكْسَ » أَوَّلُ مِدْفَعٍ مِنَ الحَديدِ الصَّبِّ وقَدِ اشْتَهَرَتْ هُناكَ صِناعَةُ حَلَقِيّاتٍ لِلْمَدافِئِ الجَميلَةِ المَصْنوعَةِ مِنْ حَديدِ الصَّبِّ .



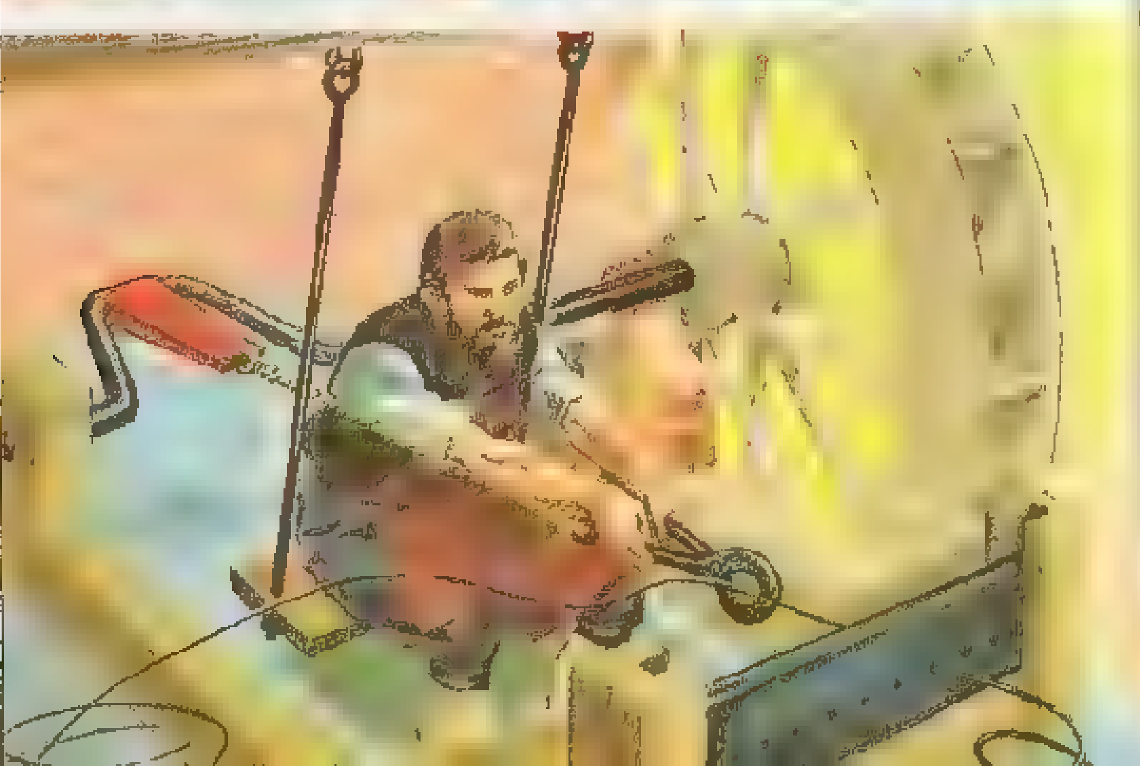
دولابُ الماءِ (١) تُديرُ بِدَوْرِها أُسْطُوانَةً (٢) لَها نُتوءاتٌ (٣) تَرْفَعُ المِطْرَقَةَ (٤) حَتَّى تَسْقُطَ عَلى السِّنْدانِ (٥) العارِضَةُ الخَشَبِيَّةُ المَرِنَةُ (٦) تَزيدُ مِنْ سُرْعَةِ المِطْرَقَةِ السّاقِطَةِ

(فوق) المُحْتَوى الحَديدِيُّ لِلحِجارَةِ يَبْقَعُ جُدْرانَ البُرْجِ في سَسِكْسَ

(تحت) مِطْرَقَةٌ تَعْمَلُ بِالقُدْرَةِ المائِيَّةِ



الناعورة (١) تدير المنفاخ والكامات (٢) التي تضغط الكور (٣) فيندفع الهواء في أنابيب إلى الفرن عبر الثقوب (٥) القمع (٤) يسمح الكور ويعود للدورة. للحصول على الحديد الصالح، تكسر البطانة (٦) ويفرغ الفرن



أفران الصهر العالية الأولى

لم تكن حتى ذلك الحين قد شيدت في أوروبا أفران عالية درجة الحرارة بحيث تستطيع صهر الحديد وتحويله إلى سائل. والحديد الذي كانت تنتجه هذه الأفران كان على شكل كتل إسفنجية، تطرق بعد ذلك لفصل الشوائب عنها. وبمرور الزمن تحسن تصميم هذه الأفران. وقد بنى الألمان نحو سنة ١٤٠٠ بناء أفران عالية جيدة العازلية ووجدوا أن من الممكن تزييد درجة حرارتها بإمرار تيار هوائي تدفعه المنافيخ المسيرة بالماء، ولكن ذلك أيضاً لم ينجح في إذابة الحديد بل جعله ليناً إسفنجياً، بعد طرحه بين الفحم المحترق ليتجمع في القعر

كان علو الأفران يتراوح بين ٣ و ٥ أمتار. وبقصد التوفير في الوقود بني فرن جديد ارتفاعه نحو ١٠ أمتار. ومع أن درجة حرارته لم تزد عن درجة حرارة الأفران الأخرى الأقل علواً إلا أن الحديد الناتج كان سائلاً عند وصوله إلى قعر الفرن وبذلك لم يعد صب هذا الحديد السائل في قوالب ممكناً فحسب، بل إن الكثير من الشوائب التي كان يجب قبلاً طرقها، للتخلص منها، أصبحت الآن تنفصل تلقائياً. والسبب في هذه الخطوة الكبيرة في استخراج الفلز كان ارتفاع الفرن. فالحديد الإسفنجي لأنه خلال تسربه لفترة طويلة عبر الفحم المشتعل، صار يمتص مقداراً كبيراً من الكربون، فيتكربن وتنخفض درجة انصهاره بمقدار ٣٥٠ درجة مئوية، فيصبح بذلك سائلاً

وفي الصورة المقابلة مكنة لسحب الأسلاك قوامها مرفق يديره دولاب مائي ويتصل بالمرفق حبل ينتهي بكماشة تتحرك إلى الأمام والوراء مع دوران المرفق. تسحب الكماشة قضيباً معدنياً خلال سلسلة من الثقوب المتدرجة الأقطار في صفيحة حديدية، من الثقب الأوسع إلى الأضيق إلى أن نحصل على سلك رفيع. والكماشة تمسك بالسلك كلما تحرك المرفق إلى الأمام، وتفلته داخل الثقب عندما تتحرك إلى الوراء

(فوق) فرن الصهر العالي مع المنافيخ المديرة بالقدرة المائية
(تحت) القدرة المائية تستخدم لسحب الأسلاك



الكيماويون الأقدمون

لقد رأينا في بداية هذا الكتاب كيف حاول الكيماويون الأقدمون تحويل الفلزات الدنيا إلى ذهب . وقد مرّت قرون عديدة على مباشرة اليونانيين بحثهم هذا حبًّا في الإثراء السريع ، وقد دفع الجشع الكيماويين الأقدمين إلى القيام بتجاربهم المتواصلة العقيمة . وفي الفترة بين سنة ١١٠٠ و ١٤٠٠م بدأ بعض هؤلاء يبحثون عما يسمّونه « إكسير الحياة » ، وهو السائل الذي يجعل الإنسان يعيش أبدًا . وكانوا يأملون أيضًا باكتشاف شيء آخر هو « حجر الفلاسفة » الذي لا يشفي الأمراض فقط ، بل يحوّل أيضًا الفلزات الدنيا كالنحاس وغيره إلى ذهب ، وكانت تجاربهم أحيانًا طويلة ومعقّدة ، فكان بعضهم يصفّي الفلزات أكثر من مئة عملية مع إضافة كثير من المواد التي زعموا أنّ لها مفعولًا سحريًا . وكان الإخفاق نتيجة محاولاتهم هذه طبعًا ، ولكنهم ظلّوا يأملون بالنجاح . فتابعوا محاولاتهم حتى القرن السابع عشر . وكان السير إسحاق نيوتن العالم الفيزيائي الكبير نفسه مؤمنًا بنوع من هذه الكيمياء القديمة .

ومع أنّ هذه التجارب أثمرت بعض المعرفة العلمية ، إلا أنّ الفكرة الرئيسية وراءها لم تكن لتغني عقول الرجال بمزيد من المعرفة ، بل كانت تهدف إلى إغناء جيوب أولئك الكيماويين بالذهب . ثم أخذ بعض المحتالين يعيرون الأمر اهتمامًا كبيرًا ، ورأوا أنه ليس من الضروري أن يكون الذهب المنتج حقيقيًا ، بل شيئًا يشبهه لونًا . وسرعان ما أخذ هؤلاء الذين كانوا يعرفون بالمحتالين يبيعون الذهب المزيّف للناس البسطاء . وقد سُنّت قوانين وعقوبات شديدة لردعهم ، ولكنهم استمرّوا في عملهم على نطاق عالمي حتى أُنشئت دور ضرب النقود الملكية في بريطانيا فأصبح لا يعتبر ذهبًا حقيقيًا إلا ما كان يحمل دمغة الدار الملكية لسك النقود .

كيماوي من القدماء يحاول تحويل المعادن الدنيا إلى ذهب



تعدينُ الفلزّاتِ

كلُّ الفلزّاتِ، ما عدا القليل منها، تُستخرَجُ من الأرض بشكلِ خاماتٍ وتُعرَفُ طريقةُ استخراجِها بالتعدين. فإذا كان الخامُ على سطحِ الأرض أو قريبًا منه، يُمكنُ جمعُهُ بسهولةٍ بمجارفَ ميكانيكيّةٍ ترفعُهُ إلى الأعلى، وتُعرَفُ هذه الطريقةُ بالتعدينِ السطحيّ. هذا وتُوجَدُ خاماتٌ أُخرى في قعرِ الأنهرِ والبُحيراتِ بشكلِ رواسبَ معدنيّةٍ غرينيّةٍ، وتُجمَعُ عادةً بشبكةٍ أو غربالٍ. ويقومُ المنقّبُ عن الذهبِ بغسلِ هذه الأتربةِ والحصى في صندوقٍ مبطّنٍ باللبّادِ، فيعلَقُ الذهبُ باللبّادِ كما يعلَقُ في جزّةِ الصوفِ المذكورةِ آنفًا. ويُستخرَجُ القصديرُ أحيانًا بنفسِ الطريقةِ، ولكن بمقياسٍ أكبرَ بواسطةِ كرّاءاتٍ ضخمةٍ. أمّا الترسّباتُ في بطنِ الأرضِ فيتمُّ الوصولُ إليها بحفرِ آبارٍ إلى مستوى منطقةِ المعدنِ الخامِ، ثمّ حفرِ أنفاقٍ أو صالاتٍ أفقيّةٍ في منطقةِ الترسّباتِ.

وقد تحسّنت طرقُ تعدينِ الفلزّاتِ باستمرارٍ على مدى العصورِ، وكانت التهويةُ في الأيّامِ الأولى أهمَّ مشكلاتِ التعدينِ، إذ لا يُمكنُ أن يعيشَ عمّالُ المناجمِ دونَ هواءٍ طلقٍ. وكانت آبارُ التهويةِ تُحفَرُ لتولِّدَ تيّارَ سحبٍ طبيعيٍّ. وكانت تُساعدُ في عمليّةِ التهويةِ أيضًا المراوحُ الكبيرةُ التي تديرُها الخيولُ أو دواليبُ الماءِ.

والصورةُ المقابلةُ مأخوذةٌ عن لوحةٍ من القرونِ الوسطى في إحدى كنائسِ سكسونيا بألمانيا، وهي معنيّةٌ بمناجمِ الفضّةِ. وكان يُغطّي فوهةَ كلِّ بئرٍ من آبارِ تهويةِ المنجمِ كوخٌ صغيرٌ يمنعُ تسرّبَ الأمطارِ إليها. ونرى عاملًا ينزلُ إلى المنجمِ وعلى رأسِهِ مصباحٌ، بينما يرفعُ عاملانِ آخرانِ، وقد لبسَ كلٌّ منهما غطاءً لركبتَيْهِ، سطلًا من المعدنِ الخامِ إلى الأعلى. ويقومُ عاملٌ آخرُ بتكسيرِ صخورِ الخامِ إلى قطعٍ أصغرَ، ليَجريَ نقلُها بجرّارةٍ للصهرِ والتصنيعِ.



البلاتينُ والأَنتِمونُ

عِندَما اكتشَفَ كِريستُوفَرْ كولُمبُسُ الأَمريكتَيْنِ سَنَةَ ١٤٩٢ ، ادَّعَتْ ملكةُ إسبانيا مِلكيَّةَ الأرضِ وسُكَّانِها ، وطالَبَتْ بالقِسْمِ الأكبَرِ مِنْ أيِّ كُنُوزٍ قد تُوجدُ فيها

وتَبِعَ ذلِكَ الاكتِشافَ في الحالِ حَمَلاتٌ إسبانيَّةٌ تُعتَبَرُ إنجازاتٍ عسكريَّةً باهرةً ، رَغْمَ ما تخلَّلَها مِنْ قسوةٍ وجَشَعٍ وخياناتٍ . فاحتلَّ الإسبانُ أوَّلًا المكسيكَ ، واستولوا على كُنُوزِها الثَّمينةِ . ثُمَّ غزَوْا البيرو مَوطِنَ «الإنكاس» ، طلبًا لأرضٍ أوسَعَ وكُنُوزٍ أكثَرَ فقتَلُوا المَلِكَ وسلَبُوا مُدَّخَراتِهِ الكثيرةَ مِنَ الذَّهَبِ ، والَّتي رُبَّما كانَتْ تُعتَبَرُ أضخمَ كُنُوزِ العالَمِ آنذاكَ . واستعبَدُوا السُّكَّانَ الوطَنيِّينَ واستخدَمُوهُمْ في استخراجِ كميَّاتٍ أكثَرَ مِنَ الذَّهَبِ . ثُمَّ احتلُّوا التشيلي وبُوليفيا ، وكِلاهُما كانَتا غنيَّتَيْنِ بالفلِزَّاتِ الثَّمينةِ وخاصَّةً الفِضَّةِ

وقد كانَ أكثَرُ اكتِشافاتِ الإسبانِ إثارةً بالنِّسبةِ إلى صُنْعِ الفلزَّاتِ هو اكتِشافُ البلاتينِ في مناجِمِ الفِضَّةِ في المكسيكِ . وقد اعتَبَرُوا هذا الفِلِزَّ الجديدَ مَصدَرَ قَلَقٍ أكثَرَ مِنْهُ مَصدَرَ فائدةٍ ، إذْ لَمْ يتمكَّنُوا مِنْ صَهْرِهِ بأيٍّ مِنَ الطُّرُقِ المعروفةِ . ولو أنَّهُ أمكَنَ صُنْعُ نوعٍ مِنَ الذَّهَبِ المُقلَّدِ مِنْهُ . ثُمَّ انضَمَّ البلاتينُ إلى مجموعةِ الفلزَّاتِ الثَّمينةِ المُستعمَلةِ في الحُلِيِّ والصِّياغةِ . وجعَلَتْهُ درجةُ انصِهارِهِ العاليةُ صالِحًا لِصُنْعِ الملامِساتِ الكهربائيَّةِ الَّتي قد تَصْهَرُ الحرارةُ النَّاتجةُ عَنْ شَرَرِها الفلزَّاتِ الأُخرى . وهُوَ ذُو قيمةٍ كبيرةٍ في الصِّناعاتِ الكيماويَّةِ لأنَّهُ مُقاوِمٌ للتَّآكُلِ

وفي ذلِكَ الوقتِ أيضًا تَمَّ في أُورُوبَّا اكتِشافُ طُرُقٍ لإنتاجِ الأَنتِمونِ (الإثمد) ، وقد سمَّاهُ الكيماويُّونَ الأقدَمُونَ ذِئْبَ الفِلِزَّاتِ لاعتِقادِهِمْ أنَّهُ يبتلِعُ الفلزَّاتِ الأُخرى عدا الذَّهَبَ . وهُوَ يُضافُ الآنَ إلى الرَّصاصِ لِيُكسِبَهُ صلابةً في صِناعةِ ألواحِ البطاريَّاتِ الكهربائيَّةِ ، وفي تحضيرِ المعدِنِ الَّذي تُصَبُّ مِنْهُ حُرُوفُ الطِّباعةِ .

الفولاذُ الإسبانيُّ يُساعِدُ في كَسْبِ حَرْبِ الذَّهَبِ ضِدَّ الإنكاس
(الصورة الجانبية) قِناعٌ ذَهَبِيٌّ مِنْ عَمَلِ الإنكاس

صَهْرُ الحَديدِ دُونَ فَحْمٍ نَباتِيّ

أَخَذَ إِنْتاجُ الحَديدِ في بَريطانْيا نَحْوَ سَنَةِ ١٦٠٠ يَتَأَثَّرُ بِنَقْصِ الوُقُودِ ، فَقَدْ ظَلَّ صَهْرُ الحَديدِ مُدَّةَ ٣٠٠٠ سَنَةٍ يَتِمُّ بِواسِطَةِ الفَحْمِ في تِلْكَ البِلادِ وفي البِلادِ الأُخْرى . والفَحْمُ النَّباتِيُّ هُوَ خَشَبٌ مَحْرُوقٌ جُزْئِيًّا . وكانَ الخَشَبُ في بَريطانْيا آخِذًا في التَّناقُصِ ، فاسْتَحالَ عَلَى مُنْتِجي الحَديدِ أَنْ يُنافِسُوا في إِنْتاجِهِ السُّوَيْدَ ، حَيْثُ الخَشَبُ مُتَوافِرٌ .

ومِنْ حُسْنِ حَظِّ بَريطانْيا أَنْ وَجَدَ أَبْراهام داربي ، مِنْ طائِفَةِ الأَصْدِقاءِ (الكويكرز) طَريقَةً يُسْتَغْنَى بِها عَنِ الفَحْمِ كُلِّيًّا . فَقَدْ أَجْرَى في مَصْنَعِهِ في كُولْبْروكْديل ، مِنْ مُقاطَعَةِ شْرُوبْشاير ، تَجارِبَ عَديدَةً اسْتَخْدَمَ فيها فَحْمَ الكُوكِ عِوَضًا عَنِ الفَحْمِ العادِيِّ ونَجَحَ في ذٰلِكَ بَعْدَ التَّغَلُّبِ عَلَى بَعْضِ الصُّعُوباتِ التِّقْنِيَّةِ . واحْتَفَظَ داربي في أَوَّلِ الأَمْرِ بِالطَّريقَةِ سِرًّا بِمَصالِحِ أُسْرَتِهِ . وأَخيرًا انْتَشَرَتِ الطَّريقَةُ في جَميعِ أَنْحاءِ أُورُوبّا واسْتَعادَتْ بَريطانْيا مَكانَتَها كَمُنْتِجٍ رَئيسِيٍّ لِلْحَديدِ ، إِذْ لَمْ تَعُدْ تَعْتَمِدُ في وُقُودِها عَلَى الغاباتِ المُتَناقِصَةِ .

وماتَ أَبْراهام داربي سَنَةَ ١٧١٧ تارِكًا ابْنَهُ أَبْراهام داربي الثّاني يُديرُ مَعامِلَ الحَديدِ مِنْ بَعْدِهِ . وهٰذا بِدَوْرِهِ خَلَفَهُ ابْنُهُ المُسَمَّى أَيْضًا أَبْراهام داربي . وقَدْ أَنْجَزَ داربي الثّالِثُ هٰذا مَأْثُرَةً جَليلَةً تَشْهَدُ بِأَعْمالِ أُسْرَةِ داربي ، وذٰلِكَ بِبِناءِ جِسْرٍ حَديدِيٍّ سَنَةَ ١٧٧٩ فَوْقَ نَهْرِ سِفِرْنَ قُرْبَ مَعامِلِهِمْ في كُولْبْروكْديل . وتَمَّ بِناءُ الجِسْرِ مِنْ أَجْزاءٍ جاهِزَةٍ صُنِعَتْ في مَعْمَلِ داربي نَفْسِهِ . وكانَ الأَوَّلَ مِنْ نَوْعِهِ في العالَمِ . وقَدْ تَمَّ إِنْشاؤُهُ في مُدَّةٍ قَصيرَةٍ جِدًّا لَمْ تَزِدْ عَنْ ثَلاثَةِ أَشْهُرٍ ، دُونَ وُقُوعِ أَيِّ حادِثَةٍ ودُونَ عَرْقَلَةِ عَمَلِيّاتِ النَّقْلِ الَّتي يَزْدَحِمُ بِها النَّهْرُ . كانَ طُولُ الجِسْرِ حَوالَى ٣٤ مِتْرًا وقَدْ خَدَمَ ١٥٠ سَنَةً قَبْلَ أَنْ يُوقَفَ السَّيْرُ عَلَيْهِ سَنَةَ ١٩٣٤ . وهُوَ نُصُبٌ جَميلٌ لِلصِّناعَةِ والمَهارَةِ ورُوحِ الإِقْدامِ الَّتي تَميَّزَ بِها مُنْشِئُوهُ .



الجِسْرُ الحَديدِيُّ الأَوَّلُ فَوْقَ نَهْرِ سِفِرْنَ



التَّقَدُّمُ الكَبِيرُ في صِناعَةِ الحَديدِ والفُولاذِ

باكْتِشافِ جيمس وت لِلْمُحَرِّكِ البُخارِيِّ في القِسْمِ الأَخيرِ مِن القَرْنِ الثّامِنَ عَشَرَ تَغَيَّرَتْ جَميعُ مَظاهِرِ الصِّناعَةِ القائِمَةِ عِنْدَئِذٍ ، وأَدَّتِ الطّاقَةُ المُحَرِّكَةُ إلى قِيامِ الثَّوْرَةِ الصِّناعِيَّةِ في بريطانيا وأُورُوبّا . ومَسَّتِ الحاجَةُ إلى مَقاديرَ ضَخْمَةٍ مِن الفِلِزّاتِ لِلسِّكَكِ الحَديدِيَّةِ الأُولى الَّتي بَدَأَها «ستيفنسون» ، والبَواخِرِ والجُسُورِ الضَّخْمَةِ الَّتي شَيَّدَها «برونيل» . وفي مَدينَةِ «شيفيلد» مَرْكَزِ صِناعَةِ الحَديدِ والفُولاذِ ، تَضاعَفَ إِنْتاجُ الفِلِزّاتِ خَمْسينَ مَرَّةً خِلالَ خَمْسَةٍ وثَلاثينَ سَنَةً .

وقَدْ تَمَّ خِلالَ هذا التَّوَسُّعِ اخْتِراعُ الكَثيرِ مِنَ الأَدَواتِ المُحَسَّنَةِ لِاسْتِخْدامِها في المَصانِعِ ، والكَثيرِ مِنَ الآلاتِ المُسَيَّرَةِ بالبُخارِ . ومِنْ أَهَمِّها المِطْرَقَةُ البُخارِيَّةُ الَّتي صَمَّمَها «جيمس ناسميث» نَحْوَ سَنَةِ ١٨٣٠ . وقَدِ اسْتُعْمِلَتْ في تَشْكيلِ أَعْمِدَةِ التَّدْويرِ الضَّخْمَةِ والصَّفائِحِ اللّازِمَةِ لِتَشْييدِ البَواخِرِ في تِلْكَ الأَيّامِ ، وكانَ يُمْكِنُ ضَبْطُ تِلْكَ المَطارِقِ لِجَعْلِ طَرَقاتِها قَوِيَّةً أَوْ خَفيفَةً . حَتّى أَنَّ بَعْضَهُمْ مِنْ بابِ التَّأْثيرِ على زائِري المَسْبَكِ ونَيْلِ إِعْجابِهِمْ كانَ يَضَعُ بَيْضَةً على السِّنْدانِ ، ويُدايِرُ المِطْرَقَةَ . فَتَشُقُّ البَيْضَةَ دُونَ أَنْ تَتَكَسَّرَ قِشْرَتُها . ومِنَ الآلاتِ المِيكانيكِيَّةِ الأُخْرى الَّتي تَمَّ اخْتِراعُها وتَحْسينُها دَلافينُ أَوْ أُسْطُواناتٌ تَطْرِيقِ الفِلِزِّ ساخِنًا أَوْ بارِدًا إلى صَفائِحَ رَقيقَةٍ ، ومِنْها أَيْضًا مَكابِسُ التَّشْكيلِ بالبَثْقِ الَّتي تَدْفَعُ الفِلِزَّ السّاخِنَ خِلالَ ثُقْبٍ بِحَجْمٍ مُعَيَّنٍ ، كَما يُدْفَعُ مَعْجُونُ الأَسْنانِ مِنْ أُنْبُوبِهِ . وهكَذا أَمْكَنَ صُنْعُ قُضْبانِ السِّكَكِ الحَديدِيَّةِ بِهذِهِ الطَّريقَةِ بِحَيْثُ يَكُونُ ثُقْبُ المِكْبَسِ مُهَيَّأً بِشَكْلِ مَقْطَعِ قَضيبِ السِّكَّةِ

وقَدْ قابَلَ هذِهِ التَّطَوُّراتِ الكَبيرَةَ في الهَنْدَسَةِ المِيكانيكِيَّةِ تَحْسينٌ مُماثِلٌ في نَوْعِ الفِلِزّاتِ المُنْتَجَةِ ، إِذْ لَمْ يَكُنْ مُهَنْدِسُو تَعْدينِ الفِلِزّاتِ أَقَلَّ نَشاطًا ونَجاحًا مِنَ المُهَنْدِسينَ الآخَرينَ . وقَدْ تَمَّ اكْتِشافُ ما لا يَقِلُّ عَنْ خَمْسَةٍ وثَلاثينَ فِلِزًّا بَيْنَ سَنَةِ ١٧٥٠ و ١٨٥٠ ، ولَمْ يَكُنْ لِكَثيرٍ مِنْها أَهَمِّيَّةٌ خاصَّةٌ . لكِنْ ثَلاثَةٌ مِنْ تِلْكَ الفِلِزّاتِ هِيَ النِّيكِلُ والكُوبَلْتُ والمَنْغَنيزُ ، كانَ لَها دَوْرٌ بارِزٌ . وأَصْبَحَ لِلأَخيرِ مِنْها دَوْرٌ هامٌّ جِدًّا في إِنْتاجِ الفُولاذِ

مِطْرَقَةُ «جيمس ناسميث» البُخارِيَّةُ



مزيدٌ من التقدّمِ في إنتاجِ الفولاذِ

يُسمّى الحديدُ الناتجُ من الفرنِ العالي بالحديدِ الغُفْلِ أو حديدِ الزهرِ. وهو لا يزالُ يحتوي عددًا من الشوائبِ التي يجبُ إزالتُها قبلَ تحويلِه إلى فولاذٍ. وكانَ الطلبُ على الفولاذِ كبيرًا جدًّا خلالَ الثورةِ الصناعيّةِ وحافزًا إلى إيجادِ طرقٍ أفضلَ وأسرعَ لإنتاجِه. وقد كانَ اختراعُ محوّلِ «بسمر» خطوةً كبرى في هذا السبيلِ. وكانت فكرةُ هنري بسمر أنّه إذا أُمِرَّ تيّارٌ هوائيٌّ خلالَ حديدِ الزهرِ السائلِ الساخنِ فإنّ الشوائبَ الموجودةَ فيه ستتأكسدُ وتتلاشى.

وأقامَ بسمر في مصنعِه محوّلًا اختباريًّا يتّسعُ لنحوِ ٣٥٦ كيلوغرامًا من حديدِ الزهرِ السائلِ، ووصلَ بأسفلِ الوعاءِ أنابيبَ الهواءِ. وعندما فُتِحَ الهواءُ أخذَ اللهيبُ الضخمُ يتصاعدُ، والشراراتُ تتطايرُ من فوّهةِ المحوّلِ، تلتها كُتَلٌ من الفلزِّ السائلِ والفضلاتِ، فلم يجدْ بسمرُ وعمّالُه بُدًّا من الابتعادِ عن المحوّلِ، وانتظارِ النتيجةِ. ولم يكنْ ممكنًا وقفُ تيّارِ الهواءِ، لأنّ صمامَ القفلِ كانَ قريبًا جدًّا من المحوّلِ. ولكنْ بعدَ عشرِ دقائقَ هدأتِ النارُ، وتبيّنَ أنّ الحديدَ المتبقّي كانَ خاليًا من الشوائبِ.

وقد تمَّ تبنّي هذه الطريقةِ الجديدةِ على نطاقٍ واسعٍ، وتمَّ إنشاءُ محوّلاتٍ كبيرةٍ بإمكانِها تنقيةُ عدّةِ أطنانٍ من حديدِ الزهرِ في بضعِ ساعاتٍ من الزمنِ. وكانَ ذلك تقدّمًا كبيرًا على الطرقِ السالفةِ. وتُعتبرُ هبّةُ محوّلِ بسمر واللهبُ المتصاعدُ عاليًا منه من أكثرِ المشاهدِ إثارةً في صناعةِ الفولاذِ.

وقد عقبَ ذلك اختراعُ طرقٍ أخرى مثلِ أفرانِ سيمنز بالمجمرةِ المكشوفةِ وهي أبطأُ من محوّلِ بسمر، ولكنّها أسهلُ تحكّمًا. وتلتْ ذلك مؤخّرًا الأفرانُ القوسيّةُ الكهربائيّةُ. وقد لعبَ فلزّا المنغنيزِ والكرومِ اللذانِ اكتُشفا حوالى سنةِ ١٧٧٤ دورًا هامًّا في صناعةِ الفولاذِ. فبإضافةِ كمّيّاتٍ صغيرةٍ من المنغنيزِ إلى الفولاذِ يزدادُ متانةً وقوّةً، كذلك يُستعملُ الكرومُ في صناعةِ الفولاذِ الذي لا يصدأُ.

هبّةُ محوّلِ «بسمر»



أَهَمِّيَّةُ الأَلومينيُوم

إِنَّ كَمِّيَّاتِ الأَلومينيُومِ الضَّخْمَةَ المُسْتَعْمَلَةَ اليَوْمَ تَجْعَلُ مِنَ الصَّعْبِ الاعْتِقَادَ أَنَّهُ مُنْذُ ما يَقِلُّ عَنْ ١٠٠ عامٍ كانَ الأَلومينيُومُ مِنَ الفِلِزّاتِ الثَّمينَةِ النّادِرَةِ ، تَمامًا كَما كانَ الحَديدُ في عَهْدِ المِصْرِيّينَ القُدَماءِ أَيّامَ توتنخ امون . ومَعَ ذٰلِكَ ، فالأَلومينيُومُ مِنْ أَكْثَرِ الفِلِزّاتِ انْتِشارًا في القِشْرَةِ الأَرْضِيَّةِ ، ولٰكِنَّهُ لا يُوجَدُ حُرًّا في الطَّبيعَةِ ، وكانَ لا بُدَّ مِنْ حَلِّ الكَثيرِ مِنَ المُشْكِلاتِ قَبْلَ التَّمَكُّنِ مِنِ اسْتِخْراجِهِ مِنْ خاماتِهِ .

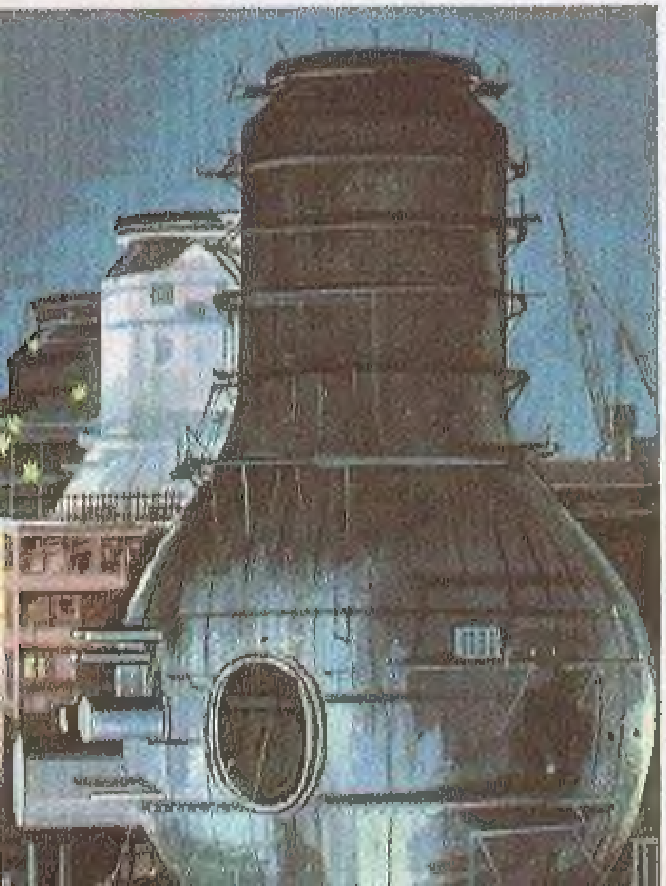
وقَدْ شَجَّعَ نابوليونُ الثّالِثُ العُلَماءَ الَّذينَ كانُوا يَشْتَغِلُونَ في هٰذا الفِلِزِّ الجَديدِ ، لاعْتِقادِهِ أَنَّهُ يُخَفِّفُ مِنْ أَحْمالِ أَعْتِدَةِ جُيُوشِهِ . وفي سَنَةِ ١٨٥٤ قُدِّمَ لِلإِمْبَراطُورِ وِسامٌ مِنَ الأَلومينيُومِ ، وأُضيفَ قَضيبٌ صَغيرٌ مِنْ هٰذا الفِلِزِّ الثَّمينِ النّادِرِ إِلى حُلِيِّ التّاجِ الإِمْبِراطُورِيِّ الفَرَنْسِيِّ .

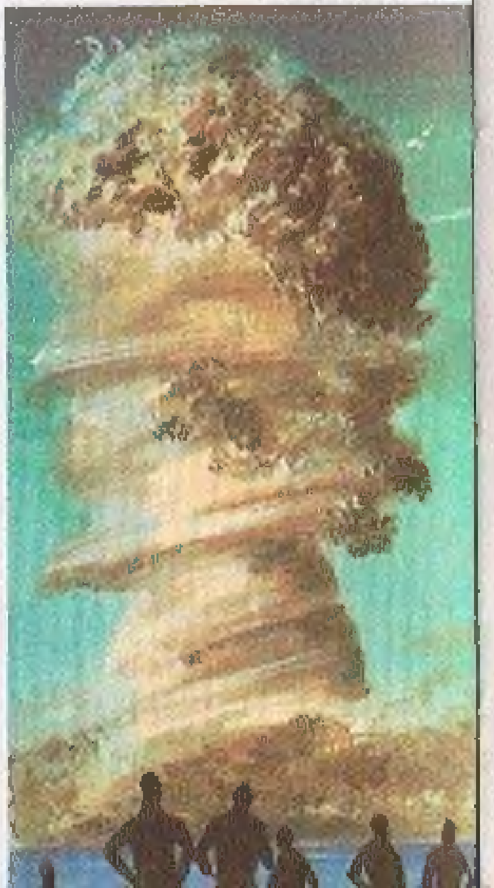
وَقَدْ حاوَلَ العالِمُ البَريطانِيُّ الكَبيرُ هَمْفري دافي تَحْضيرَ هٰذا الفِلِزِّ ، ولٰكِنَّهُ أَخْفَقَ . وأَخيرًا حُلَّتِ المُشْكِلَةُ عَلى يَدِ عالِمَيْنِ أَحَدُهُما في فَرَنْسا والآخَرُ في الوِلاياتِ المُتَّحِدَةِ الأَمْريكِيَّةِ . وقَدْ عَمِلا كُلٌّ بِمُفْرَدِهِ دُونَ أَنْ يَعْرِفَ عَنِ الآخَرِ شَيْئًا ولا عَنْ عَمَلِهِ ، ومَعَ ذٰلِكَ فَقَدْ تَوَصَّلا كِلاهُما بِفارِقِ بِضْعَةِ أَسابيعَ فَقَطْ إِلى إِنْتاجِ الفِلِزِّ بالطَّريقَةِ نَفْسِها .

وبَدَأَ بَعْدَئِذٍ إِنْتاجُ الأَلومينيُومِ عَلى نِطاقٍ تِجارِيٍّ ، وهَبَطَ سِعْرُهُ سَريعًا . فَوِسامٌ مِنَ الأَلومينيُومِ اليَوْمَ قَدْ يَكُونُ أَكْثَرَ مُناسَبَةً لِصُنْعِ مُفَرْقَعَةٍ لِلَّهْوِ في الأَعْيادِ مِنْهُ لِتَزْيينِ صَدْرِ الإِمْبَراطُورِ . هٰذا وتُسْتَعْمَلُ كَمِّيّاتٌ كَبيرَةٌ مِنَ الأَلومينيُومِ لِصُنْعِ أَشْياءَ كَثيرَةٍ ابْتِداءً مِنْ سِدّاداتِ قَناني الحَليبِ إِلى طائِراتِ الجَوِّ النَّفّاثَةِ . والأَلومينيُومُ خَفيفُ الوَزْنِ ، بِحَيْثُ يَسْتَطيعُ الإِنْسانُ أَنْ يَحْمِلَ بِسُهُولَةٍ تامَّةٍ قِطْعَةً كَبيرَةَ الحَجْمِ مِنْهُ ، قَدْ تَبْدُو ثَقيلَةً جِدًّا لِأَوَّلِ وَهْلَةٍ . ومَعَ أَنَّهُ لَيْسَ مَتينًا جِدًّا ، فَإِنَّ سَبائِكَ « الدورالومين » النّاتِجَةَ عَنْ إِضافَةِ المَغْنيسيُومِ إِلَيْهِ ، مَتينَةٌ جِدًّا وتَصْلُحُ لِبِناءِ الطّائِراتِ حَيْثُ المَتانَةُ العالِيَةُ أَمْرٌ حَيَوِيٌّ .

بالإِمْكانِ حَمْلُ قِطْعَةٍ مُشَكَّلَةٍ ضَخْمَةٍ ومَتينَةٍ مِنَ الأَلومينيُومِ بِسُهُولَةٍ لِأَنَّ الأَلومينيُومَ خَفيفُ الوَزْنِ







الفِلِزّاتُ المُشِعَّةُ

لَقَدْ تَمَّ خِلالَ المِئَتَيْ سَنَةٍ الماضِيَةِ اكْتِشافُ الكَثيرِ مِنَ الفِلِزّاتِ الجَديدَةِ ، وهُناكَ نَحْوُ ٧٠ فِلِزًّا مَعْرُوفًا الآنَ . والكَثيرُ مِنْها ذُو أَهَمِّيَّةٍ لِلعُلَماءِ فَقَطْ .

ونَذْكُرُ أَنَّنا في أَوَّلِ هٰذا الكِتابِ تَكَلَّمْنا عَنْ دِيمُوقريطُسَ اليُونانِيِّ ، الَّذي قالَ إِنَّ المادَّةَ تَتَأَلَّفُ مِنْ ذَرّاتٍ في حَرَكَةٍ دائِمَةٍ . وَقَدْ أَصْبَحَ العُلَماءُ في أَواخِرِ القَرْنِ التّاسِعَ عَشَرَ كَثيري الاهْتِمامِ بِطَبيعَةِ هٰذِهِ الذَّرّاتِ وبِنائِها ، وَتَمَّتْ تَجارِبُ واكْتِشافاتٌ بِهٰذا الشَّأْنِ . في سَنَةِ ١٨٩٥ اكْتَشَفَ «رُونتجن» الأَشِعَّةَ السِّينِيَّةَ وفي سَنَةِ ١٨٩٦ قامَ «هنْري بيكريل» بِدِراسَةِ النَّشاطِ الإِشْعاعِيِّ لِلْيورانيُوم ، وَتَبَيَّنَ أَنَّ الفِلِزّاتِ المُشِعَّةَ كاليُورانيُومِ والرّاديُوم تُصْدِرُ سَيْلًا مِنَ الأَشِعَّةِ الفَعّالَةِ ، واكْتَشَفَتْ «ماري وبيير كُوري» الرّاديُومَ في الخامِ نَفْسِهِ (المُسَمّى بِتْشبلنْد) الَّذي يَحْوِي اليُورانيُومَ أَيْضًا .

وقَدْ قامَ العُلَماءُ سَنَةَ ١٩٣٧ بِاسْتِخْدامِ اليُورانيُومِ في تَجارِبَ لِتَحْطيمِ الذَّرَّةِ . وَنَتَجَ عَنْ ذٰلِكَ تَحْريرُ كَمِّيّاتٍ هائِلَةٍ مِنَ الطّاقَةِ ، أُبْقِيَتْ أَخْبارُها سِرًّا خَوْفًا مِنِ اسْتِعْمالِها في الحُرُوبِ ، وَمِنَ المُفْجِعِ أَنَّها اسْتُعْمِلَتْ مُؤَخَّرًا في الحَرْبِ العالَمِيَّةِ الثّانِيَةِ حَيْثُ فُجِّرَتْ أَوَّلُ قُنْبُلَةٍ ذَرِّيَّةٍ ، ومُنْذُ تِلْكَ الحَرْبِ فُجِّرَتْ قَنابِلُ ذَرِّيَّةٌ كَثيرَةٌ غَيْرُها في مَيادينِ التَّجارِبِ .

ومِنْ حُسْنِ الحَظِّ أَنَّهُ يُمْكِنُ ضَبْطُ هٰذِهِ الطّاقَةِ الكُبْرى ، الَّتي يَبْعَثُها تَحَطُّمُ الذَّرّاتِ وإِطْلاقُها تَدْريجِيًّا . وَبِهٰذا يُمْكِنُ اسْتِعْمالُها لِتَوْليدِ الحَرارَةِ ، وتَشْغيلِ مَحَطّاتِ تَوْليدِ الكَهْرَباءِ ، وإِفادَةِ البَشَرِيَّةِ جَمْعاء .

• راجِعْ كِتابَ ليديبرد عَنْ : مدام كوري .

(فوق) تَعْدين «البِتْشبلنْد» ذي النَّشاطِ الإِشْعاعِيِّ ، في أَفْريقيا
(تحت) يسارًا : مَحَطَّةٌ لِتَوْليدِ الكَهْرَباءِ بِالطّاقَةِ الذَّرِّيَّةِ
يمينًا : عُلَماءُ يُراقِبُونَ انْفِجارًا ذَرِّيًّا عَلى بُعْدِ عِدَّةِ أَميالٍ

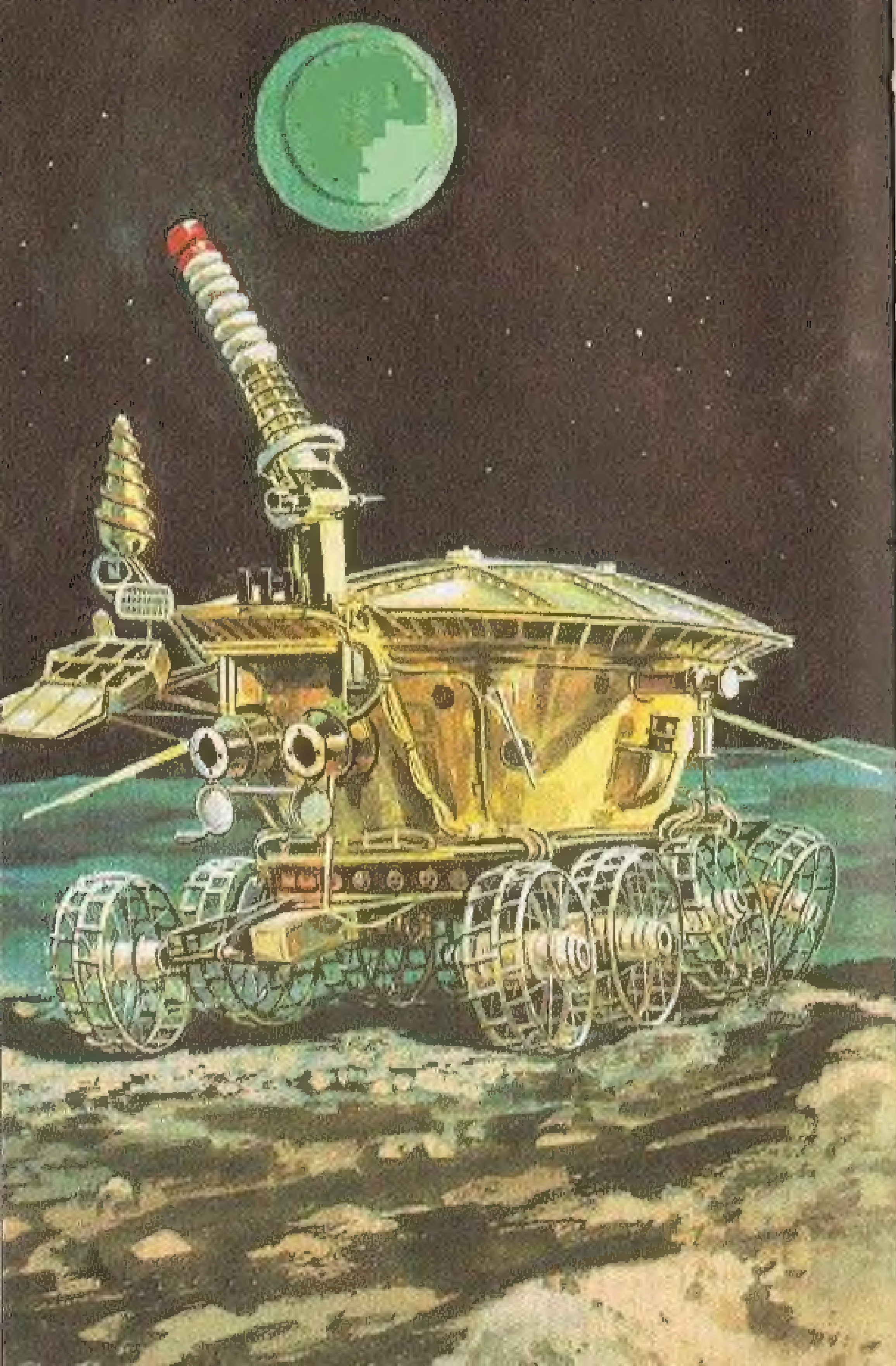
الفِلِزّاتُ في عَصْرِنا الحاضِرِ

لَقَدْ أَصْبَحَتِ العِدانَةُ (عِلْمُ المَعادِنِ) اليَوْمَ عِلْمًا عالِيَ التَّعْقِيدِ ، وَذٰلِكَ بِسَبَبِ التَّقَدُّمِ الكَبِيرِ في عِلْمِ التِّقْنِيّاتِ (التكنولوجية) في هٰذا القَرْنِ . فَصارَ مِنَ الضَّرُورِيِّ إِنْتاجُ عَدَدٍ مِنَ السَّبائِكِ الجَدِيدَةِ . فَعِنْدَ إِدْخالِ مُحَرِّكاتِ الطّائِراتِ النَّفّاثَةِ ، تَمَّ تَحْضِيرُ سَبائِكَ خاصَّةٍ مِنَ النِّيكَلِ والكُرُومِ لِتُقاوِمَ دَرَجاتِ الحَرارَةِ العالِيَةِ النّاتِجَةِ . والحَرارَةُ الهائِلَةُ الَّتي تُوَلِّدُها مُحَرِّكاتُ الصَّوارِيخِ ، والمَرْكَباتِ الفَضائِيَّةِ ، خَلَقَتْ بِدَوْرِها مَشاكِلَ أُخْرَى جَسِيمَةً ، لِعُلَماءِ المَعادِنِ .

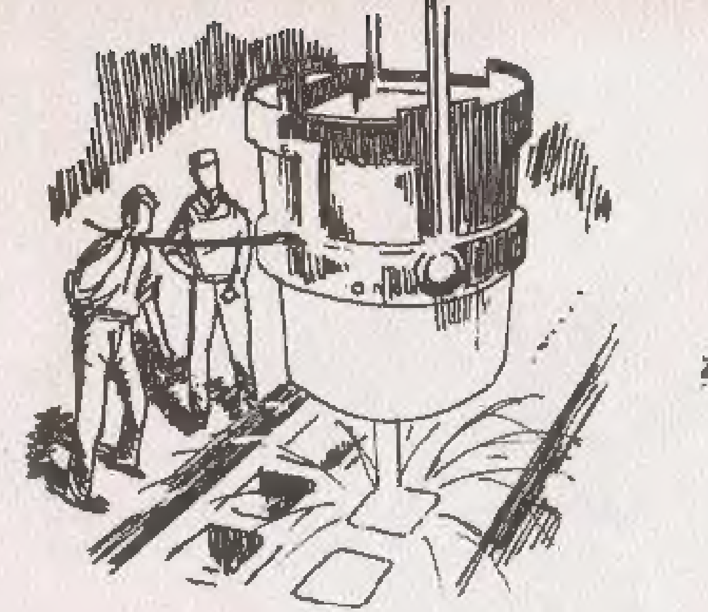
وَلَيْسَ لَدَيْنا الآنَ إِلّا القَلِيلُ مِنَ الفِلِزّاتِ الَّتي لا تَزالُ تُسْتَعْمَلُ في حالَتِها النَّقِيَّةِ الصّافِيَةِ ، فالنُّحاسُ النَّقِيُّ ذُو قِيمَةٍ كَبِيرَةٍ في الهَنْدَسَةِ الكَهْرَبائِيَّةِ وَلٰكِنَّ مُعْظَمَ المَعادِنِ الَّتي نَسْتَعْمِلُها هِيَ سَبائِكُ ، تَمَّ تَحْضِيرُها لِتَفِيَ بِحاجاتٍ مُعَيَّنَةٍ . فَآلاتُ القَطْعِ السَّرِيعِ المُسْتَعْمَلَةُ في المِخْرَطَةِ ، والمَصْنُوعَةُ مِنَ الفُولاذِ قَدْ تَحْتَوِي نِسَبًا مِنَ التَّنْغِسْتِنِ والكُرُومِ . وَهُنالِكَ الآنَ نَحْوُ أَرْبَعَةِ آلافِ نَوْعٍ مِنْ هٰذِهِ السَّبائِكِ تُسْتَعْمَلُ في أَغْراضٍ مُخْتَلِفَةٍ .

هٰذا وَحُبُّ الاسْتِطْلاعِ عِنْدَ الإِنْسانِ لا حُدُودَ لَهُ . فَبَعْدَ أَنْ حَلَّ المُشْكِلاتِ الكَبِيرَةَ جِدًّا ، الَّتي تَطَلَّبَها إِنْزالُ الإِنْسانِ والآلَةِ عَلَى سَطْحِ القَمَرِ كانَ عَلَيْهِ بَعْدَئِذٍ أَنْ يَدْرُسَ تَرْكِيبَ القَمَرِ . وَقَدْ عادَ الرُّوّادُ الأَمِرِيكِيُّونَ مِنَ القَمَرِ بِصُخُورٍ لِتَحْلِيلِها .

أَمّا الرُّوسُ فَقَدْ أَنْزَلُوا مُخْتَبَرًا أُوتُوماتِيكِيًّا عَلَى القَمَرِ نَفْسِهِ . وَقَدْ قامَ هٰذا المُخْتَبَرُ « لُونُوخُود الثّاني » بِأَخْذِ عَيِّناتٍ مِنْ أَمْكِنَةٍ مُخْتَلِفَةٍ مِنَ القَمَرِ فَحَلَّلَها وَنَقَلَ المَعْلُوماتِ عَنْها إِلَى الأَرْضِ بِواسِطَةِ الرّادْيُو . وَقَدِ اكْتُشِفَ بِهٰذِهِ الطَّرِيقَةِ وُجُودُ الأَلُومِينْيُومِ والحَدِيدِ والتِّيتانْيُومِ والمَغْنِيسْيُومِ والبُوتاسْيُومِ والكالْسِيُومِ في تَرْكِيبِ القَمَرِ . وَتَمْتازُ مُخْتَبَراتٌ مِثْلُ « لُونُوخُود » بِاحْتِمالِ إِنْزالِها فَوْقَ كَوْكَبٍ سَيّارٍ بَعِيدٍ لا قِبَلَ (أَوْ لا أَمَلَ) لِلإِنْسانِ حالِيًّا في وَضْعِ قَدَمِهِ عَلَيْهِ . وَقَدْ يُوجَدُ هُنالِكَ فِلِزٌّ أَوْ فِلِزّاتٌ جَدِيدَةٌ مَجْهُولَةٌ بِالنِّسْبَةِ لَنا أَوْ جَدِيدَةٌ تَمامًا بِالنِّسْبَةِ لِعالَمِنا .



« لونوخود » الثاني يعمل فوق سطح القمر



جَدْوَلٌ بالفِلِزّاتِ الهامَّةِ وفَوائِدِها

الألومينيوم: فِلِزٌّ خَفيفٌ جِدًّا، فِضِّيُّ اللَّوْنِ، لَيِّنٌ نَوْعًا، ولكِنَّهُ يُصْبِحُ مَتينًا كالفُولاذِ عِنْدَ سَبْكِهِ مَعَ المَغْنيسيُومِ والنُّحاسِ وغَيْرِهِما. وهُوَ مُوَصِّلٌ جَيِّدٌ لِلحَرارَةِ والكَهْرُباءِ.

الأَنْتِمُون: فِلِزٌّ قاسٍ قَصِفٌ، يُسْتَعْمَلُ في السَّبائِكِ مَمْزُوجًا مَعَ الرَّصاصِ.

الكادميوم: يُسْتَعْمَلُ في طِلاءِ الحَديدِ كَهْرُبائِيًّا لِوِقايَتِهِ مِنَ الصَّدَأِ، ويُسْتَعْمَلُ أَيْضًا كَقُضْبانِ ضَبْطٍ في المُفاعِلاتِ الذَّرِّيَّةِ في مَحَطّاتِ تَوْليدِ الكَهْرُباءِ بالطّاقَةِ النَّوَوِيَّةِ.

الكروم: يُسْتَعْمَلُ كَطِلاءٍ لَمّاعٍ لِلفِلِزّاتِ الأُخْرى وفي عَمَلِ سَبائِكِ الفُولاذِ الذي لا يَصْدَأُ.

الكوبلت: يُسْتَعْمَلُ في صُنْعِ آلاتِ القَطْعِ الفُولاذِيَّةِ وفي إِنْتاجِ الزُّرْقَةِ التي تُلَوِّنُ الفَخّارَ كَما في مَنْتُوجاتِ «سيفر» الشَّهيرَةِ.

النُّحاسُ: أَحَدُ الفِلِزّاتِ القَليلَةِ التي تُسْتَعْمَلُ نَقِيَّةً. وهُوَ مُوصِلٌ جَيِّدٌ لِلكَهْرُباءِ، ولِذا يُسْتَعْمَلُ في صُنْعِ الأَسْلاكِ والكَبْلاتِ الكَهْرُبائِيَّةِ.

الجِرْمانيوم: تُسْتَخْدَمُ بِلَّوْراتُهُ في راديُوات «الترانزيستور».

الذَّهَبُ: فِلِزٌّ ثَمينٌ، لَيِّنٌ جِدًّا، لا يَصْدَأُ ولا يَتَأَكَّلُ ويُسْبَكُ مَعَ الفِضَّةِ أَوِ النُّحاسِ لِيَكْتَسِبَ مَتانَةً كافِيَةً.

الحَديدُ: أَكْثَرُ الفِلِزّاتِ فائِدَةً، يَتَأَكْسَدُ (يَصْدَأُ) بِوُجودِ الماءِ ويَتَحَوَّلُ إلى فُولاذٍ عِنْدَ سَبْكِهِ مَعَ الكَرْبُونِ.

الرَّصاصُ: فِلِزٌّ لَيِّنٌ ثَقيلُ الوَزْنِ مُقاوِمٌ لِلتَّأَكُّلِ تُصْنَعُ مِنْهُ صَفائِحُ البَطّارِيّاتِ الخازِنَةِ. وتُسْتَعْمَلُ سَبيكَتُهُ مَعَ الليثيُومِ (أَخَفِّ الفِلِزّاتِ جَميعًا) في صِناعَةِ الدُّروعِ الواقِيَةِ مِنَ الإِشْعاعاتِ الذَّرِّيَّةِ.

المَغْنيسْيُومُ: يُسْتَعْمَلُ بِصُورَةٍ رَئيسِيَّةٍ في صُنْعِ السَّبائِكِ القَوِيَّةِ الخَفيفَةِ كالدُّورالومين، وكَذلِكَ في مَصابيحِ التَّصْويرِ الوَمْضي. يَحْتَرِقُ في الهَواءِ بِلَهَبٍ أَبْيَضَ ساطِعٍ.

المَنْغَنيزُ: فِلِزٌّ قَصِفٌ، يُسْتَعْمَلُ في صُنْعِ الفُولاذِ العالي المَتانَةِ.

الزِّئْبَقُ: الفِلِزُّ السّائِلُ الوَحيدُ في دَرَجَةِ حَرارَةِ الجِسْمِ. ويُسْتَعْمَلُ في مَوازينِ الحَرارَةِ.

النِّكِلُ: يُسْتَعْمَلُ في الطِّلاءِ الكَهْرُبائِيِّ وفي تَحْضيرِ أَنْواعٍ خاصَّةٍ مِنَ الفُولاذِ.

البلاتين: فِلِزٌّ ثَمينٌ، دَرَجَةُ انْصِهارِهِ عالِيَةٌ، يُقاوِمُ التَّأَكُّلَ.

الرّاديُومُ: فِلِزٌّ مُشِعٌّ، يُحَضَّرُ مِنْ خامِ البتشبلند، ويُسْتَعْمَلُ في بَعْضِ المُعالَجاتِ الطِّبِّيَّةِ.

السّيلينيُومُ: فِلِزٌّ ذُو خَصائِصَ كَهْرَضَوْئِيَّةٍ، إِذا سَقَطَ عَلَيْهِ الضَّوْءُ تَوَلَّدَ فيهِ تَيّارٌ كَهْرُبائِيٌّ خَفيفٌ، لِذا يُسْتَعْمَلُ في البَطّارِيّاتِ الكَهْرَضَوْئِيَّةِ.

الفِضَّةُ: فِلِزٌّ ثَمينٌ يُقاوِمُ التَّأَكُّلَ، ولَكِنَّهُ قابِلٌ لِلصَّدَأِ. وهُوَ مُوَصِّلٌ جَيِّدٌ جِدًّا لِلحَرارَةِ والكَهْرُباءِ.

القَصْديرُ: فِلِزٌّ لَيِّنٌ جِدًّا، أَبْيَضُ اللَّوْنِ يُسْتَعْمَلُ في طِلاءِ الفِلِزّاتِ الأُخْرى، وخاصَّةً الفُولاذِ، لِيَمْنَعَ تَأَكُّلَها، ويُسْبَكُ مَعَ النُّحاسِ في تَحْضيرِ البرونزِ.

التَّنْغْسْتِنُ: يُسْتَعْمَلُ في صُنْعِ فَتائِلِ المَصابيحِ الكَهْرُبائِيَّةِ. دَرَجَةُ انْصِهارِهِ أَعْلى مِنْ دَرَجَةِ انْصِهارِ جَميعِ الفِلِزّاتِ الأُخْرى. ويُسْتَخْدَمُ في تَحْضيرِ الفُولاذِ الذي تُصْنَعُ مِنْهُ آلاتُ القَطْعِ السَّريعِ.

اليورانيومُ: أَثْقَلُ العَناصِرِ وَزْنًا، وهُوَ فِلِزٌّ ذُو نَشاطٍ إِشْعاعِيٍّ يُسْتَعْمَلُ في مَحَطّاتِ الطّاقَةِ النَّوَوِيَّةِ.

الخارَصينُ: يُسْبَكُ مَعَ النُّحاسِ في تَحْضيرِ النُّحاسِ الأَصْفَرِ، ويُسْتَعْمَلُ كَغِطاءٍ لِوِقايَةِ الحَديدِ مِنَ الصَّدَأِ.

سلسلة الإنجازات الحضارية

(١) قِصَّةُ الطَّيَران

(٢) قِصَّةُ السُّفُن

(٣) قِصَّةُ السَّيّارة

(٤) قِصَّةُ السِّكك الحديديَّة

(٥) قِصَّةُ الطِّباعة

(٦) قِصَّةُ الصُّحُف

(٧) رِيادةُ الفضاء

(٨) رِيادةُ الأَعْماق

(٩) الاختِراعاتُ الكُبْرى

(١٠) قِصَّةُ الرّادْيو

(١١) قصة الفِلِزّات (المعادن)

(١٢) قِصَّةُ النِّفْط

(١٣) قِصَّةُ الطِّبّ

Series 601 / Arabic
